

令和二年度 (2020年度)

年 次 報 告 書

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻
Department of Physics, Graduate School of Science
Osaka University

はじめに

この年次報告書は、大阪大学大学院理学研究科・物理学専攻の2020年度(2020年4月～2021年3月)の教育・研究・社会貢献などの活動とその成果をまとめたものです。その目的は、学内外への情報発信と私たち自身の自己評価に資することです。

物理学専攻の基幹講座には、大きく分けて、素粒子・原子核理論、素粒子・原子核実験、物性理論、物性実験、それに学際物理学の合計5つの研究グループ(大講座)があります。これらの基幹講座の各研究グループは、豊中キャンパスに活動の拠点を置き、教員と博士研究員、大学院生などにより研究・教育を推進しています。

研究面については、物理学専攻の基幹講座のメンバーは、物理学専攻の協力講座や専攻外の学内の研究室、さらに日本国内の大学や研究機関と協力しています。また、米国、欧州、アジアなどの海外の大学や研究機関とも広く共同研究を行い、世界をリードする多くの優れた研究成果をあげています。

教育においては、数多くの優秀な学生や若手研究者を育成し、社会に送り出しています。博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学カデットプログラム」、卓越大学院プログラム「先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム」、理工情報系オナー大学院プログラム、理学研究科の高度博士人材養成プログラムに参画しており、これまでの博士教育とは異なる大学院教育を模索しております。さらに、海外から大学院留学生を受け入れて英語による講義を行う International Physics Course (IPC) を設置し、国際化を推進しています。また、高校での出前講義などの多くの社会貢献も進めております。

2020年度は新型コロナウイルス感染症によるパンデミックが計り知れない影響を与える中での研究、教育、社会貢献活動となりました。年度が変わった現在も深刻な状況が続いておりますが、一刻もはやい終息を願ってやみません。その一方で、政府主導の大学改革が予想外のスピードで進められており、私共物理学専攻としましても、その対応は必須となります。また、この数年間に何名もの教授の方が退職または異動され、研究室の入れ替わりが進んでおります。このように物理学専攻は大きな変化を経験しつつありますが、世界の物理学研究における物理学専攻のプレゼンスを保つため、これからも努力を続けていきます。この年次報告書の基礎データを、専攻の進むべき道を探るための一助とし、物理学分野の発展、社会の発展に貢献するよう努めてまいりたいと思っております。

この年次報告の中で人名の肩に付けた記号の説明

s = 教員、特任教員、特任研究員

i = 招へい教員、招へい研究員

PD = 日本学術振興会特別研究員 (PD)

DC = 日本学術振興会特別研究員 (DC1、DC2)

d = 博士後期課程学生

m = 博士前期課程（修士課程）学生

b = 学部学生

*=国際会議講演，学会講演等において実際に登壇した人

目次

第1章	各研究グループの研究活動報告	1
1.1	青木グループ	1
1.2	川畑グループ	8
1.3	山中（卓）グループ	34
1.4	工藤グループ	42
1.5	小林グループ	47
1.6	豊田グループ	56
1.7	花咲グループ	60
1.8	松野グループ	68
1.9	素粒子理論グループ	73
1.10	原子核理論グループ	97
1.11	小川グループ	104
1.12	黒木グループ	105
1.13	越野グループ	113
第2章	受賞と知的財産	118
第3章	学位論文	121
3.1	修士論文	121
3.2	博士論文	125
第4章	教育活動	128
4.1	大学院授業担当一覧	128
4.2	学部授業担当一覧	143
4.3	共通教育授業担当一覧	146
4.4	物理学セミナー	150
4.5	質問コーナー	151
第5章	物理談話会，南部コロキウム	152
5.1	物理談話会	152
5.2	南部コロキウム	153
第6章	学生の進路状況など	154
6.1	学部卒業生の進路	154
6.2	博士前期課程修了者の進路	155

6.3	International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路	156
6.4	博士後期課程修了者の進路	156
6.5	International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路	157
第7章	博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」	158
7.1	プログラムの目的	158
7.2	プログラムの概要・特徴	158
7.3	令和2年度の活動	159
第8章	理数オナープログラム	163
8.1	令和2年度活動概観	163
8.2	オナーセミナー	164
8.3	自主研究と発表会	165
8.4	大学院科目等履修生, リーディング大学院生との関係	166
8.5	オナープログラム参加者の活動記録	167
第9章	国際化推進事業	168
9.1	International Physics Course (IPC)	168
第10章	大学院等高度副プログラム	171
10.1	プログラムの目的	171
10.2	基礎理学計測学	171
10.3	放射線科学	172
第11章	国際交流活動	174
11.1	目的	174
11.2	活動の内容	174
11.3	海外から阪大への来訪者	174
11.4	海外研究機関訪問	174
11.5	海外研究機関および阪大における海外拠点との国際会議・シンポジウム・集中講義	175
11.6	部局間学術交流協定	177
11.7	その他	178
第12章	湯川記念室	180
12.1	令和2年度活動概観	180
12.2	湯川記念講演会	180
12.3	その他	180

第 13 章 社会活動	181
13.1 物理学科出張講義の記録	181
13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2020	183
13.3 「いちよう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開	185
第 14 章 大阪大学オープンキャンパス (理学部)	186
第 15 章 令和二年度の年間活動カレンダー	187
第 16 章 物理学専攻における役割分担	188
第 17 章 グループ構成 (令和二年度)	192

第1章 各研究グループの研究活動報告

1.1 青木グループ

LHC 実験におけるヒッグス粒子の発見により、素粒子の標準理論は完成した。ところがその一方で、暗黒物質や暗黒エネルギー、軽いニュートリノ質量、物質優勢宇宙など、標準理論だけでは適切に説明できない観測事実が数多く存在することも事実である。素粒子の標準理論を超えた「新物理」は必ず存在するはずである。

現在、新物理を探索する研究は世界中で精力的に行われている。本グループでは、量子効果を通して発生する稀な現象に着目し、これを実験的に研究することによって新物理に迫ろうとしている。

令和二年度の研究活動概要

COMET 実験 ミュー粒子・電子転換過程 ($\mu^- + N \rightarrow e^- + N$) は、荷電レプトン・フレーバー保存則を破るため標準理論では強く抑制されているが、標準理論を超えた様々な新しい物理モデルではその存在が自然であると考えられている。この過程が発見されれば宇宙・素粒子研究が大きくブレークスルーするだろう。これまでに実施された過去の実験から与えられている分岐比の上限値は、金を標的とした 7×10^{-13} (90% C.L.) (SINDRUM II) やチタンを標的とした 4.6×10^{-12} (90% C.L.) (TRIUMF)、 4.3×10^{-12} (90% C.L.) (SINDRUM II) である。

COMET 実験は、茨城県東海村にある大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の主リングで生成する大強度パルス陽子ビームを用いて、Phase-I で 3×10^{-15} 、Phase-II で 3×10^{-17} の実験感度 (Single Event Sensitivity) でミュー粒子・電子転換過程 ($\mu^- + N \rightarrow e^- + N$) を探索する実験計画である。Phase-I では、90 度のミュー粒子輸送湾曲ソレノイドの下流にミュー粒子静止標的を設置し、標的を取り囲むよう配置した円筒型ドリフトチェンバー (CDC) を用いて、運動量 105 MeV/c の転換電子を探索する。現在、2023 年度から物理測定を開始すべく、検出器やデータ収集システムの組み上げならびに調整、性能試験などに取り組んでいる。

物理測定の主検出器であるガス検出器 (Cylindrical Drift Chamber; CDC) については、高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパスにおいて宇宙線を用いた性能試験を継続中である。本年度は、ガス検出器からの出力信号情報による粒子識別能力を理解するために、宇宙線の入射角と出力信号電荷の関係を調査した。この解析から信号ワイヤー付近の空間電荷効果によるガス増幅率低減を確認し、電荷密度とガス増幅率の関係をモデル化、結果を修士論文 [Sun] にまとめた。

また、ミュー粒子・電子転換過程の信号事象である運動量 $105 \text{ MeV}/c$ の電子事象を選択的に収集するオンライントリガーシステムの開発も進めている。CDC 読み出し電子回路からの電荷情報と信号検出タイミングをリアルタイムで集計し、機械学習を用いたアルゴリズムを用いて FPGA 上でオンライン処理することにより、高効率で信号と背景事象を区別できる高レベルトリガーシステムである。昨年度に実施したオンライントリガーシステムの動作試験・性能評価試験の結果をベースにして、シミュレーションにより実物理測定に用いるべきアルゴリズムの最適化を行い、トリガー効率と達成可能な実験感度を評価、博士論文 [中沢] にまとめた。本研究をさらに発展させ、より高度な機械学習を用いたオンライントリガーシステムの開発も進めている [宮滝]。

オーストラリア・モナシュ大学と共同でトリガーホドスコープ (CTH) の開発も進めている [青木、佐藤良紀]。モナシュ大学が開発しているファイバー読み出し CTH では、高い放射線照射環境の下で SiPM を動作させる必要がある。前年度に引き続き SiPM の中性子照射試験を神戸大学タンDEM加速器実験施設において行なった。その結果、ドライアイスで $-65 \text{ }^\circ\text{C}$ に冷却をすることにより、中性子フルエンス $10^{11} n_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ でも信号と背景雑音の区別が可能であることを確認した [佐藤良紀、修士論文]。また、中性子を室温で照射したサンプルを低温で動作させる試験を行い、 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 程度への冷却を行えば COMET Phase-I での CTH 読み出しデバイスとして使用できることを見出した [佐藤良紀、学会発表]。

DeeMe DeeMe は、J-PARC RCS からの 3 GeV パルス陽子ビームを用いて、ミュー粒子・電子転換過程を探索する実験である。一次陽子標的 (炭素) 中に静止する μ^- によって生成されるミュオンニック炭素原子を活用して、 10^{-13} の感度を達成する物理測定の準備が J-PARC MLF のミュオン共同利用 S1 型実験課題として進められている。

本年度は、物理測定に使用する高バースト耐性 MWPC に関して、バースト粒子入射後に発生する遅延雑音信号を抑えるための装置高度化を推し進めた。具体的には、2018 年度に実施した動作ガス構成の最適化をさらに発展させて、イオンの荷電交換を促進するガスを R-134a からメチラル蒸気に変更することにより、遅延雑音信号をさらに低減できることを確認した [東野]。また、大阪市立大学と共同で H ラインのビームラインコミッショング

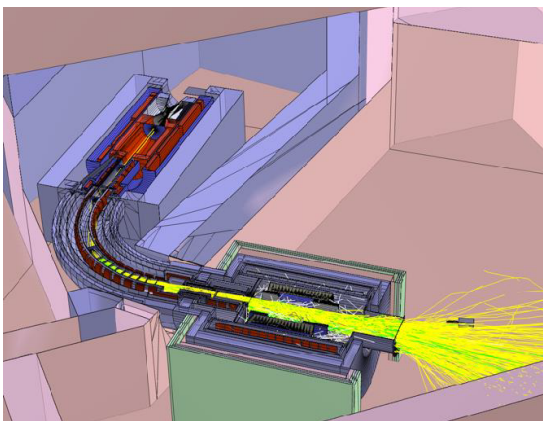


図 1.1: COMET Phase-I 実験

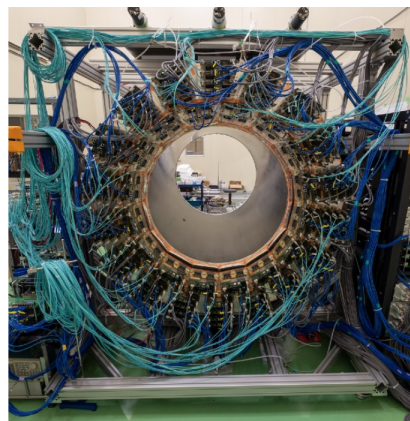


図 1.2: 宇宙線を用いた CDC の試験

に使用するためのビームプロファイルモニター開発を行なった [青木]。

PIENU 本研究は荷電パイ中間子の崩壊分岐比の比 $R_\pi = \Gamma[\pi^+ \rightarrow e^+\nu_e(\gamma)]/\Gamma[\pi^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu(\gamma)]$ を 0.1% よりも高い精度で測定することにより、レプトン普遍性の検証を行う実験である。物理データ収集は既に完了しているが、大量に収集した π^+ や μ^+ 崩壊のデータを活用した R_π 以外の物理解析も行なっている。本年度は、岡山大学の伊藤慎太郎氏と共同で、標準理論で強く抑制されている $\pi^+ \rightarrow e^+\nu_e\nu\bar{\nu}$ 崩壊や $\pi^+ \rightarrow \mu^+\nu_\mu\nu\bar{\nu}$ 崩壊に着目して、標準理論を超えた新しい相互作用を探索した [青木]。前者に対しては分岐比の上限値を約 1 桁改善し、後者に対しては世界初の上限値を与えている。

MuSIC およびミュオン粒子応用研究 本学核物理研究センター (RCNP) に建設した大強度ミュオン粒子源 MuSIC と新しい連続状ミュオン粒子ビームライン MuSIC-M1 の開発を進めつつ、様々な分野におけるミュオン粒子を使用した基礎研究と応用研究を進めている [佐藤]。ビームラインに関しては、MuSIC のビーム性能向上を目指して計算機によるシミュレーションを行い、ミュオン生成標的やビームライン光学の検討を進めた。

一方で、ミュオン粒子を使った新しい応用実験の準備も進めている。地球外資料や文化財・考古資料などの希少な資料をミュオン粒子を使って非破壊で分析するために、素粒子原子核実験技術を盛り込んだ新しい高精度ミュオン粒子 X 線分析装置を開発しており、宇宙線由来のミュオン粒子による元素分析の実証実験も行った。また、スイス PSI 研究所のグループと協力し、ミュオン X 線元素分析の実用化と高度化を狙った開発を進め、ローマ時代の文化財資料や青銅器、隕石などの高精度ミュオン X 線元素分析に成功した。宇宙線ミュオン粒子起因半導体ソフトエラー現象を基礎物理データに基づいて理解を深めるための研究も進行中で、半導体素子中のシリコンとミュオン粒子の反応の詳細測定、低エネルギー宇宙線ミュオンのフラックス測定の準備を進めている。

学術雑誌に出版された論文

A novel challenge of nondestructive analysis on OGATA Koan' s sealed medicine by muonic X-ray analysis

Kayoko Shimada-Takaura, Kazuhiko Ninomiya, Akira Sato^s, Naomi Ueda, Motonobu Tampo, Soshi Takeshita, Izumi Umegaki, Yasuhiro Miyake, Kyoko Takahashi
Journal of Natural Medicines **null** (Mar.) (2021)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s11418-021-01487-0>).

Per atom muon capture ratios and effects of molecular structure on muon capture by γ -Fe₂O₃ and Fe₃O₄

Kazuhiko Ninomiya, Meito Kajino, Makoto Inagaki, Kentaro Terada, Akira Sato^s, Dai Tomono, Yoshitaka Kawashima, Atsushi Shinohara
Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry **324** (No. 1, Apr.) (2020) 403–408
(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10967-020-07065-0>).

Nuclear isotope production by ordinary muon capture reaction

I.H. Hashim, H. Ejiri, F. Othman, F. Ibrahim, F. Soberi, N.N.A.M.A. Ghani, T. Shima, A. Sato^s, K. Ninomiya

Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res. Sec. A **963** (May) (2020) 163749

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2020.163749>).

Search for the rare decays $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \nu \bar{\nu}$ and $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e \nu \bar{\nu}$

A. Aguilar-Arevalo, M. Aoki^s, M. Blecher, D.I. Britton, D. vom Bruch, D.A. Bryman, S. Ito *et al.*

Phys. Rev. D **102** (No.1, July) (2020) 012001 1–9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevd.102.012001>).

Investigation of the Light Yield Distribution in LYSO Crystals by the Optical Spectroscopy Method for the Electromagnetic Calorimeters of the COMET Experiment

V. Kalinnikov, E. Velicheva, A. Grabtchikov, I. Khodasevich, V. Orlovich, Y. Kuno, A. Sato^s

Nonlinear Phenomena in Complex Systems **23** (No. 4, Dec.) (2020) 374–385

(<http://dx.doi.org/doi:10.33581/1561-4085-2020-23-4-374-385>).

連続状ミュオン施設におけるミュオン非破壊分析

佐藤 朗^s

金属 **1** (No. 3, Mar.) (2021) 49–55.

ミュオン X 線による非破壊元素・同位体比分析の進展

佐藤 朗^s

X 線分析の進歩 **52** (Mar.) (2021) 25–32.

Search for the rare decays $\pi^+ \rightarrow l^+ \nu X$

A. Aguilar-Arevalo, M. Aoki^s, M. Blecher, D.I. Britton, D. vom Bruch, D.A. Bryman, S. Ito *et al.*

Phys. Rev. D **103** (No.5, March) (2021) 052006 1–7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.103.052006>).

国際会議報告等**Commissioning of the Cylindrical Drift Chamber for the COMET experiment**

Manabu Moritsu*, YOSHITAKA KUNO, Yugo Matsuda, Yu Nakazawa, Saki Ohta, Hideyuki Sakamoto, Akira Sato^s, Ming Liang Wong, TingSam Wong, Chen Wu, Hisataka Yoshida,

Xiaoshan Jiang, Hai-bo Li, Yohei Nakatsugawa, Jie Zhang
Proceedings of European Physical Society Conference on High Energy Physics — PoS(EPS-HEP2019) (Sept.) (2020) .
European Physical Society Conference on High Energy Physics(10-17 July, 2019, 1000).xxx

国際会議における講演等

An Experimental Search for Muon-Electron Conversion in Nuclear Field with Muonic Atoms Produced in a Primary Proton Target —DeeMe—

M. Aoki^{s*} (invited)

ICHEP 2020 — 40th International Conference on High Energy Physics (Online, Prague, July 28–Aug. 6, 2020, 参加者数約 3000 名)

PRISM/PRIME experiments at J-PARC

A. Sato^{s*} (invited)

Snowmass2021, RF05: CLFV with high intensity muon factories (Online, USA, Dec. 10, 2020, 参加者数約 60 名)

Facilities in Japan

A. Sato^{s*} (invited)

Workshop on Muon Collider Testing Opportunities (Online, Switzerland, Mar. 24, 2021, 参加者数約 70 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

COMET-CDC の宇宙線試験による性能評価

樋口 雄也^{m*}, 青木 正治^s, 佐藤 朗^s, 中沢 遊^d, Sun Siyuan^m, 他 COMET-CDC グループ
日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

COMET 実験のトリガー検出器に用いる新型 SiPM の中性子耐性評価試験

佐藤 良紀^{m*}, 松本岳, 上野一樹, 青木 正治^s, 東城順治, 三原智, 吉田学立, 藤井祐樹
日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

DC ミューオンビームによる元素マッピングに向けたドリフトチェンバーの開発 (3)

西村 由貴^{m*}, 佐藤 朗^s, 寺田健太郎, 二宮和彦, 新倉潤, 友野大, CHIU I-Huan, 室田雄太
日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

Study of Gas Gain Saturation in COMET CDC

Sun Siyuan^{m*}, Yohei Nakatsugawa, Yuya Higuchi^m, Masaharu Aoki^s, Yoshitaka Kuno, Manabu Moritsu, Yu Nakazawa^d, Akira Sato^s, Wu Chen, Hisataka Yoshida, and the COMET-CDC group

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

COMET 実験のトリガー検出器に用いる新型 SiPM の中性子耐性評価試験

佐藤 良紀^{m*}, 上野一樹, 青木 正治^s, 吉田学立, 樋口 雄也^m, 杉田 和正^m, 三原智, 藤井祐樹, 五十嵐洋一, 松本岳, 東城順治

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

HV スイッチング MWPC の改良

杉田 和正^{m*}, 名取寛顕, 青木 正治^s, 手島菜月, 植松泰智, 清矢良浩, 山本和弘

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

HUL を用いた 8GeV extinction 試験における DAQ システムの開発

樋口 雄也^{m*}, 三原智, 五十嵐洋一, 西口創, 上野一樹, 深尾祥紀, 藤井祐樹, 庄子正剛, 東城順治, 本多良太郎, 吉田学立, 野口恭平, 中沢 遊^d, Wu Chen, 池田史

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

Study of Gas Gain Saturation for Cylindrical Drift Chamber in COMET Phase-I with cosmic-ray test

Sun Siyuan^{m*}, Masaharu Aoki^s, Yuya Higuchi^m, Yoshitaka Kuno, Manabu Moritsu, Yohei Nakatsugawa, Yu Nakazawa^d, Akira Sato^s, Wu Chen, Hisataka Yoshida, and the COMET-CDC group

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

大阪大学 RCNP-MuSIC 施設とミュオン非破壊分析の可能性

佐藤 朗^{s*}

第 3 回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る – 加速器が紡ぐ文理融合の地平 – (Online, 日本, Sept. 25–26, 2020, 参加者数約 120 名)

ミュオンによる非破壊元素・同位体分析の進展

佐藤 朗^{s*}

第 56 回 X 線分析討論会 (Online, 日本, Oct. 28, 2020, 参加者数約 130 名)

連続ミュオンによる ミュオン非破壊分析の進展

佐藤 朗^{s*}

第 4 回 文理融合シンポジウム 量子ビームで歴史を探る – 加速器が紡ぐ文理融合の地平 – (Online, 日本, Jan. 28, 2021, 参加者数約 120 名)

Development of an in-museum non-destructive elemental analysis with cosmic-ray muons for cultural heritage

A. Sato^{s*}

一般社団法人日本鉄鋼協会 第 181 回春季講演大会 (Online, 日本, Mar. 18, 2021, 参加者数約 1000 名)

1.2 川畑グループ

令和二年度の研究活動概要

原子核における α 凝縮状態の探索

原子核では、核内において2個ずつの陽子と中性子が結合した α 粒子が構成要素となり、核構造を劇的に変化させる現象が知られている。このとき、ボソンである α 粒子が最低エネルギー軌道に凝縮し、 α 凝縮状態を形成する可能性がある。 α 凝縮状態では、 α クラスターの運動量分布が0付近に集中するため、その空間分布が拡大し低密度になる。通常の原子核では、核種を問わずその密度がほぼ一定であるため、 α 凝縮状態のような希薄密度の原子核の性質は未解明である。

α 凝縮状態は、1–3 MeV の低エネルギー α 粒子を放出しつつ軽い核の α 凝縮状態を経由して崩壊すると期待される。そこで、我々はアルファ非弾性散乱により ^{20}Ne を励起すると同時に、励起状態からの崩壊 α 粒子を測定した。 ^{20}Ne の励起状態から ^{16}O の $E_x = 14.1 \pm 0.5$ MeV、 15.1 ± 0.5 MeV、 16.1 ± 0.5 MeV のエネルギー領域へと崩壊した事象について、 ^{20}Ne の励起エネルギースペクトルを統計崩壊モデルと比較した結果を図 1.3 に示す。

^{16}O における 4α 凝縮状態の候補と考えられている 0_6^+ 状態の励起エネルギーは $E_x = 15.1$ MeV であり、この近傍へ崩壊した事象を選択したスペクトル (図 1.3(b)) では、矢印で示したピークが観測された。しかし、これらのピークは、他のエネルギー領域への崩壊 (図 1.3(a)(c)) では観測されなかった。これらの状態は、 ^{16}O の 4α 凝縮状態と強く結合していると考えられ、 ^{20}Ne における 5α 凝縮状態の有力な候補である。我々は、この研究成果についての学術論文を執筆した。

また、 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 共鳴散乱の手法を用いて ^{24}Mg における 6α 凝縮状態の探索を行う新しい実験の準備に取り組んだ。共鳴散乱から放出される6つの α 粒子の全てを検出して粒子識別するための大立体角 Si 検出器の開発を行った。神戸大学海事科学部のタンデム静電加速器施設および東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター (CYRIC) において、陽子、重陽子、 α 粒子を Si 検出器へ入射させ、粒子識別能の試験を行った。検出器からの出力信号を Flash ADC を用いて取得し、機械学習技術を用いた波形解析を行ったところ、粒子識別能は検出器の面積に依存し、2 MeV の陽子と α 粒子に対する識別精度は 80–99% であることが明らかになった。

極端環境下におけるトリプルアルファ (3α) 反応率の測定

3α 反応は ^{12}C より重い元素を合成するための戸口反応であり、宇宙での元素合成において最も重要な原子核反応のひとつである。しかし、高温や高密度な環境下における 3α 反応率には大きな不定性が残されている。 3α 反応は、 ^{12}C の 3α 崩壊閾値近傍の 3α 共鳴状態を経由する。これらの 3α 共鳴状態の大半は3つの α 粒子へ崩壊するが、稀に脱励起して ^{12}C の基底状態へと至る。このため、 3α 反応率を決定するには、これらの 3α 共鳴状態の脱励起確率を測定する必要がある。

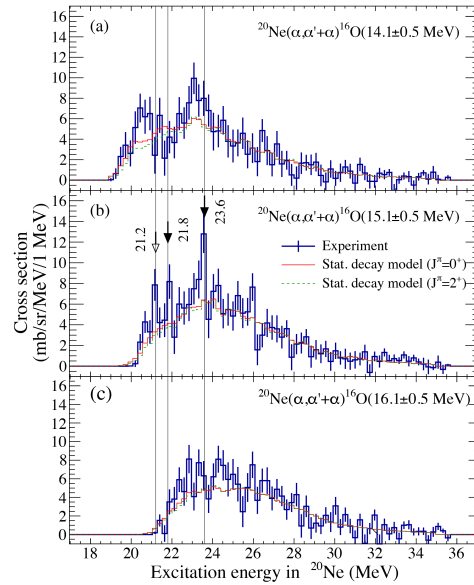


図 1.3: アルファ非弾性散乱後に ^{16}O の (a) $E_x = 14.1 \pm 0.5$ MeV、(b) $E_x = 15.1 \pm 0.5$ MeV、(c) $E_x = 16.1 \pm 0.5$ MeV へ崩壊する事象を選択して得た ^{20}Ne の励起エネルギースペクトル。赤実線と緑破線は、それぞれ、励起状態のスピン・パリティを 0^+ もしくは 2^+ と仮定した統計崩壊模型の計算結果。

通常的环境における 3α 反応は、主に ^{12}C の 3α 崩壊閾値に近い 0_2^+ 状態を経由するが、 10^9 K を超える高温環境では、より高いエネルギーを持つ 3_1^- 状態の寄与が重要になる。しかし、これまで 3_1^- 状態の脱励起確率は知られていなかった。そこで、我々は ^{12}C と陽子の非弾性散乱を用いて 3_1^- 状態を励起し、放出される散乱陽子と脱励起後の ^{12}C を同時計測することで、 3_1^- 状態の脱励起確率を世界で初めて測定することに成功した。この結果をもとに高温環境下における 3α 反応率を決定し、その成果を Phys. Lett. B 誌上で公表した。

また、 $\rho \sim 10^6$ g/cm 3 のような高密度環境では、自発的な γ 崩壊に加え、背景に存在する粒子との非弾性散乱による脱励起が増加し、 3α 反応率が劇的に増大すると指摘されている。特に、電荷を持たない中性子はクーロン障壁の影響を受けないため 3α 反応を促進する効果大きい。この中性子による増幅効果を評価するには、 ^{12}C と中性子の非弾性散乱により 0_2^+ 状態を励起する断面積を決定する必要がある。特に、 0_2^+ 状態を励起することができる中性子エネルギーの閾値近傍 ($E_n = 8.3$ MeV) における断面積が重要である。しかし、閾値近傍では終状態における放出粒子のエネルギーが低いため、これを通常の実験セットアップで測定することは容易でない。そこで、我々は MAIKo アクティブ標的を用いた測定に取り組んでいる。2020 年度は、前年度に実施した実験により取得されたデータの解析を行った。中性子非弾性散乱により励起された 0_2^+ 状態の崩壊から放出される 3 つの α 粒子の飛跡を記録した画像を解析して収量を決定するとともに、シミュレーション計算に基づいて作成した模擬画像の解析も行って検出効率を評価した。

得られた収量と検出効率から $E_n = 14$ MeV における反応断面積を決定したところ、過去の実験値と一致することが確認され、MAIKo を用いた測定の有効性を立証できた。さらに、

$E_n = 8.3 \text{ MeV}$ における本測定を実施するために、東北大学CYRICにおいて $^{11}\text{B}+p \rightarrow n+^{11}\text{C}$ 反応を用いた可変エネルギー単色中性子源を開発するとともに、中性子非弾性散乱の検出効率を高めるためにMAIKo アクティブ標的の大型化に取り組んだ。

スピン偏極した不安定核ビームによる中性子過剰な原子や原子核の特異な構造の研究

スピン偏極した不安定核の β 崩壊の非対称性から娘核の構造の精密な情報を引き出すという独自の手法を持つ我々日本グループ(大阪大学、九州大学、高エネルギー加速器研究機構、東京農工大学)と、大強度不安定核ビーム供給施設と独自のレーザー技術・イオントラップ技術を持つカナダのTRIUMFと協力して、軽い中性子過剰な原子や原子核の特異な構造解明のための国際共同研究を行っている。特に現在は、安定核近傍では魔法数である中性子数20が、中性子過剰核ではその性質を失い、原子核は変形しているという「逆転の島」と呼ばれる質量領域があり、それら原子や原子核の構造解明を進めている。

今年度、スピン偏極したNa核の β 崩壊によるMg核の構造解明実験の結果として、中性子数18の ^{30}Mg 核で、小さい質量領域でも低い励起エネルギー領域に様々な形状や運動状態(変形共存)が出現することを明らかにし、査読付き投稿論文にまとめた。また、逆転の島の陽子数側境界のAl核で同様な変形共存の出現を解明するために2019年度に実施したMg核の β 崩壊実験のデータ解析を行い、結果を速報として学会で発表した。Mg核をスピン偏極させて長距離を輸送することは難しく、今回、低偏極度の ^{31}Mg ビームしか得られなかった。高偏極度 ^{31}Mg ビーム生成のためのビームライン改良はTRIUMFのプロジェクトとして認められ、2021年度か2022年度に実験ができるよう、現在、準備中である。

今年度、 β 遅延中性子崩壊の際に放出される数十keVから数MeVの中性子を検出するための新型中性子検出器の開発を行った。広いエネルギー範囲で大きな検出効率を得るために検出器を小型化した。プロトタイプは完成し、今後、性能テスト実験を行う予定である。

宇宙での重元素合成(r 過程)で重要となる質量数140領域の中性子過剰核の研究

質量数が140周辺の中性子過剰核は、宇宙での重元素合成過程である r 過程で中性子捕獲と β 崩壊を繰り返しながら質量数230あたりの原子核へと至る道筋の途中にある重要な原子核である。しかし、この質量領域の原子核の生成は非常に難しいために質量や寿命などの基本的な実験データさえほとんどなく、シミュレーション計算では理論的予測に基づく物理量が使われている。そこで、中性子過剰核を世界最高強度で生成可能な理化学研究所RIビームファクトリで、生成限界の原子核のベータ崩壊と寿命をもつ励起状態(アイソマー)探査を行う国際共同研究EURICAプロジェクトが実施された。その結果、 β 崩壊するアイソマーを発見し、この成果についての論文を執筆中である。このアイソマーは現在の元素合成計算では組み込まれておらず、 r 過程の反応スピードに影響を与える可能性がある。

ストレンジネス核物理

ストレンジネスの自由度を導入した新たな原子核について研究を行っている。原子核中の核子はアップとダウンクォークで構成されている。これらと異なるストレンジクォークを原

子核中に導入することにより、ハドロン間相互作用に関する研究が可能となる。これに関連した以下の研究を進めている。

ストレンジネスを持つバリオオンである Λ ハイペロンや Ξ ハイペロンを原子核に埋め込んだハイパー核の研究を行っている。 Λ ハイペロンを 2 個原子核に導入すると、ダブル Λ ハイパー核が、また Ξ ハイペロンを導入すると、 Ξ ハイパー核が生成される。ハイパー核の研究により、2 個の Λ ハイペロン間の相互作用および Ξ と核子間の相互作用の研究が可能になる。しかし、ダブル Λ あるいは Ξ ハイパー核の生成はこれまで数例しかなく、十分な情報が得られていない。多数のダブル Λ および Ξ ハイパー核を生成するため、2 個のストレンジクォークを導入可能な (K^- , K^+) 反応と、ハイブリッド・エマルジョン法を用いたハイパー核生成実験 (J-PARC E07 実験) の解析を進め、その結果を学術論文にまとめた。 Ξ ハイパー核について、生成ハイパー核が不定性なく決まる事象が発見され、詳細な解析により Ξ ハイペロンと核子の相互作用に関係する貴重な情報が得られた。

ストレンジネスを持つ他のバリオオンとして Σ ハイペロンがある。 Σ ハイペロンを原子核中に埋め込んだものは Σ ハイパー核と呼ばれるが、これまでに発見された Σ ハイパー核は一種 ($^4_{\Sigma}\text{He}$) のみで、その基底状態の存在だけが実験的に知られている。このため、 Σ ハイペロンと原子核の相互作用についての情報は十分ではない。そこで、 Σ ハイペロンと核子の相互作用を、 ΣN 散乱の直接測定により研究する J-PARC E40 実験を実施した。従来の実験を大きく上回る量の、 Σ^-p 散乱および Σ^+p 散乱の実験データが得られ、散乱断面積を導出するためのデータ解析を精力的に進めている。

最も軽い Λ ハイパー核として知られている $^3_{\Lambda}\text{H}$ の弱崩壊の寿命が最近話題となっている。理論的には、 $^3_{\Lambda}\text{H}$ の寿命は Λ ハイペロンの寿命程度 (約 263 ps) と予想されているが、それよりはかなり短い寿命の値が、高エネルギー重イオン衝突実験で生成された $^3_{\Lambda}\text{H}$ の測定から得られている。J-PARC において、 $^3\text{He}(K^-, \pi^0)^3_{\Lambda}\text{H}$ 反応を用いて、この $^3_{\Lambda}\text{H}$ の寿命を高精度で測定するためのプロジェクトを進めつつある。

^{48}Ca の二重ベータ崩壊の研究 宇宙に物質起源の解明

我々の宇宙は、「物質」だけで構成されており「反物質」が存在する証拠はない。この「物質優勢宇宙」の謎を説明する有力な解として、レプトジェネシスシナリオが期待されている。このシナリオが成立するためには、レプトン数を破るプロセスが不可欠である。「ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊 ($0\nu\beta\beta$ 崩壊)」の観測は、直接的なレプトン数非保存プロセスの証拠となるが、非常に稀な事象 (半減期が 10^{26} 年以上) であるため、実験では如何にバックグラウンドを減らした高感度の検出器を作れるかが鍵となる。

二重ベータ崩壊研究を目的として、 ^{48}Ca を標的原子核とした CANDLES 計画を推進している。 ^{48}Ca は全ての $\beta\beta$ 崩壊原子核のなかで最も崩壊 Q 値が高い (4.27 MeV) ので、本質的に放射性バックグラウンドの少ない環境での測定を実現しやすい。CANDLES-III 検出器を神岡地下実験施設に設置し、バックグラウンドの少ない高感度測定を実施している。

2020 年度は、データ解析の高度化に成功した。図 1.4(a) は、バックグラウンド除去をするための事象選択条件を行った結果のエネルギースペクトルを示す。崩壊 Q 値の領域 (4.17–4.48 MeV) には、結晶中の放射性不純物 (^{232}Th 起源の ^{212}Bi -Po 連続崩壊および ^{208}Tl - β 崩

壊) から予測されるバックグラウンド事象が観測されている (図 1.4(a) 青線)。バックグラウンド事象である $^{212}\text{Bi-Po}$ の低減には、機械学習による信号波形分析が有効であることを突き止め、これまで使用してきた波形のフィット方法を超える除去効率を実現した (図 1.4(b) 参照)。また、 ^{208}Tl によるバックグラウンド除去解析の方法として、バックグラウンド信号の様々な特徴を考慮に入れた最尤法を導入することによって、 $0\nu\beta\beta$ 崩壊の観測感度を 25% 程度向上した。

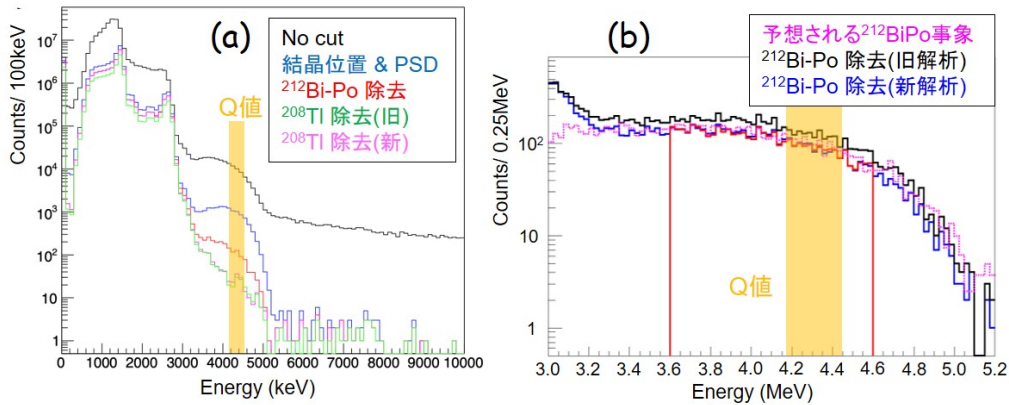


図 1.4: (a) CANDLE III 検出器で得られたエネルギースペクトル。 ^{208}Tl 事象の旧解析と新解析による除去効率は同等だが、観測の Deadtime は新解析により 1/3 に低減した。(b) $^{212}\text{Bi-Po}$ 連続崩壊事象のうち、機械学習解析によって除去されるエネルギースペクトル 3.3 MeV 以上のエネルギー領域でバックグラウンド事象の正確な同定が可能となった。

J-PARC E36 実験

J-PARC E36 実験で収集したデータの解析を進めている。この研究は、荷電中間子 K^+ から発生する $K^+ \rightarrow e^+\nu$ (K_{e2}) 崩壊と $K^+ \rightarrow \mu^+\nu$ ($K_{\mu2}$) の分岐比の比 $R_K = \Gamma(K_{e2})/\Gamma(K_{\mu2})$ を測定することで、レプトン普遍性 (LFU) の破れを探索している。実験

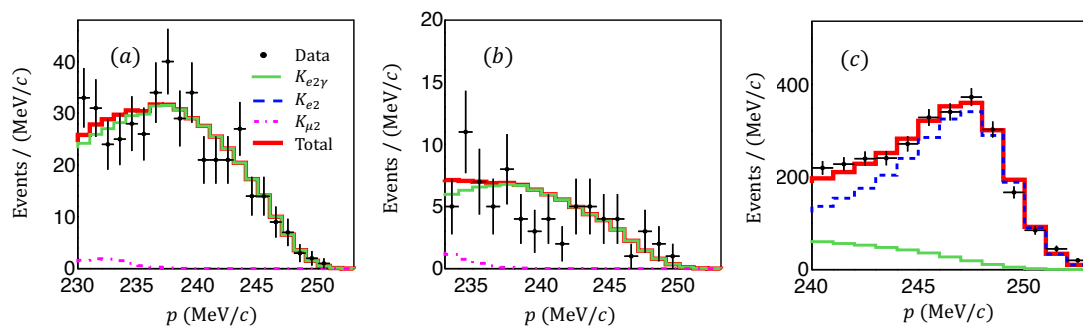


図 1.5: (a) γ 線が CsI(Tl) で検出された $K_{e2\gamma}$ 、(b) ビームバックグラウンドと同時に観測された $K_{e2\gamma}$ 、(c) γ 線検出を要求しない荷電粒子運動量分布。

は、J-PARC 施設で生成された K^+ ビームを、超伝導トロイダル電磁石の中心部分に設置した active 標的に静止させる静止 K^+ 法を採用している。 K^+ 崩壊によって生じた e^+ と μ^+ は、電磁石によって運動量が測定される。粒子の飛跡は C1-C4 のトラッキング系で決定し、粒子識別は TOF 測定、AC チェレンコフ検出器、鉛ガラスチェレンコフ検出器で行った。 K^+ 崩壊から生じるガンマ線は、静止標的の回りを囲むように設置された 768 本の CsI(Tl) モジュールで構成されるカロリメータで観測された。 R_K の決定には、構造依存 (SD) 放射と呼ばれる終状態に γ 線を含む崩壊チャンネル $K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$ ($K_{e2\gamma}$) がバックグラウンドになり、差し引く必要用がある。また、ビームに含まれるバックグラウンドによる統計の損失も正確に見積る必要がある。図 1.5 に γ 線が CsI(Tl) で検出された $K_{e2\gamma}$ 、(b) ビームバックグラウンドと同時に観測された $K_{e2\gamma}$ 、(c) γ 線検出を要求しない荷電粒子運動量分布である。得られた結果は既存のデータと大きく乖離していて、今後の動向が注目されている。

原子核における陽子・中性子・核子密度分布の測定

不安定原子核の核構造究明や核物質状態方程式を明らかにするため、原子核衝突の確率を反映する反応断面積・核子剥離断面積・荷電変化断面積等を利用して、核半径および核内の陽子・中性子・核子密度分布を決定し、原子核の構造およびその相互作用を明らかにする研究を行っている。

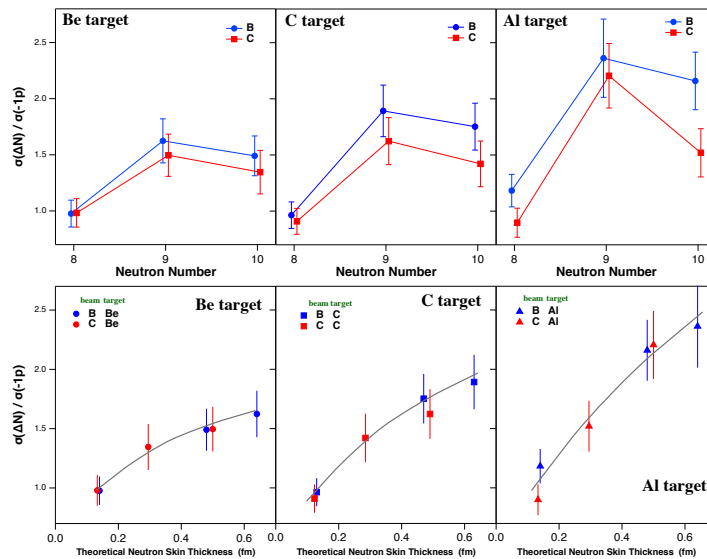


図 1.6: $\sigma(\Delta N)$ と $\sigma(-1p)$ の比を Be, C, Al 標的ごとに中性子数 (上段)、中性子スキン厚理論値 (下段) についてプロットしたもの。下段実線はガイド。

中性子剥離断面積と中性子スキンの厚さには関係があるはずとの先行研究をもとに、我々は放医研 HIMAC において、 $^{13-15}\text{B}$ および $^{14-16}\text{C}$ について核子剥離断面積を測定・分析を行なった。その結果、中性子だけが剥がれる全断面積 $\sigma(\Delta N)$ と 1 陽子剥離断面積 $\sigma(-1p)$ の比を取ると中性子スキン厚の理論値と非常に良い相関があることがわかった。Be, C, Al

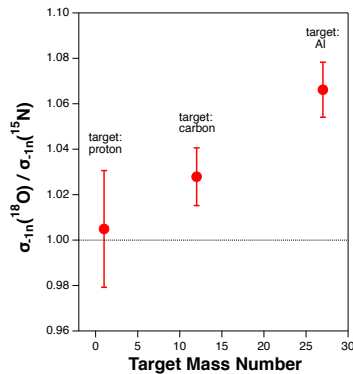


図 1.7: アイソマー比が違う 2 種類
の 2 次ビームに対する 1 中性
子剥離断面積の比

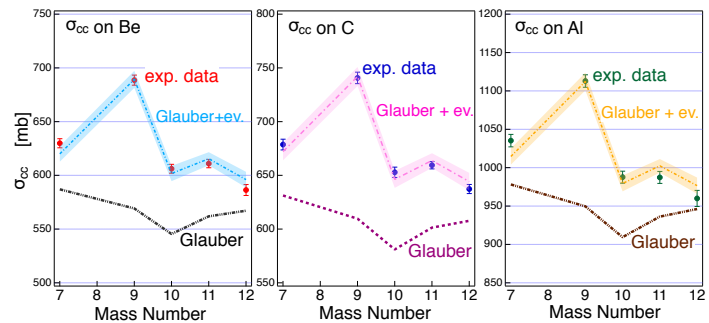
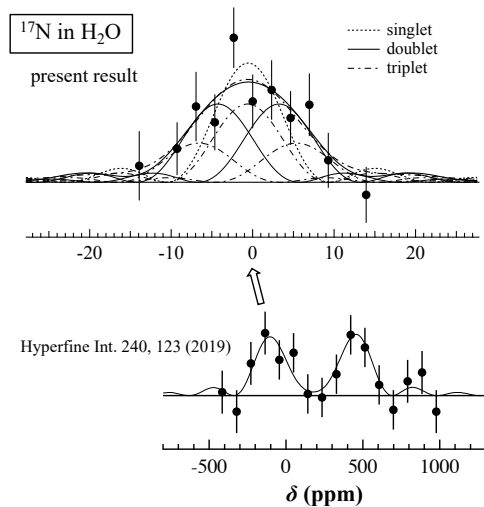
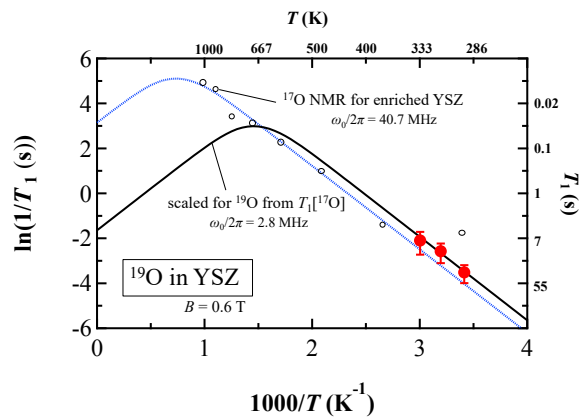


図 1.8: Be 同位体の荷電変化断面積

標的に対する、この比の実験値とこの実験値を中性子スキン厚理論値に対してプロットしたものを図 1.6 に示す。

一方で 1 中性子剥離断面積は、最外殻中性子の配位に関する重要な情報を提供する。 ^{16}N アイソマー状態 ($E_x = 120 \text{ keV}$, $I^\pi = 0^-$) の最外殻中性子は結合エネルギーも約 2 MeV と小さく、もし軌道角運動量 0 の軌道に入っていると中性子ハロー的になっている可能性がある。このことは宇宙における元素合成の問題にも影響を与える。そこで、我々は 2 種類の 1 次ビームから生成した、それぞれアイソマー比が違う 2 種類の ^{16}N 2 次ビームを用いて、1 中性子剥離断面積を測定し比較した。アイソマー状態が中性子ハロー的である描像が正しければ、アイソマー比が大きいほど 1 中性子剥離断面積が大きくなることが予想される。結果は図 1.7 のように、アイソマー比の大きな、 ^{18}O 1 次ビームから生成した ^{16}N 2 次ビームの方が剥離断面積が大きくなっており、その標的依存性も含めて定性的にはアイソマー状態が中性子 s 軌道の割合が大きく、中性子ハロー的になっていることを示している。

原子核の衝突確率を利用して、同時に陽子・中性子それぞれの分布を区別して調べることができたら極めて有効な研究手段となる。我々はそのような試みに、荷電変化断面積の測定によって挑戦中である。荷電変化断面積 (σ_{cc}) とは核反応の前後で陽子数が変化する全断面積であり、陽子分布半径に感度があると考えられている。最近の我々の研究により、 σ_{cc} と陽子分布半径の関係を明らかにするポイントは、衝突直後の荷電粒子蒸発過程にあるらしいことがわかってきた。そこで、この点を明らかにするために、陽子分布半径が既知の $^{7,9,10,11,12}\text{Be}$ や $^{111-126}\text{Sn}$ 2 次ビームに対し荷電変化断面積を測定した。Be 同位体では p, Be, C, Al の 4 種の標的に対して高精度測定を行い、周辺衝突における中性子剥離から荷電粒子蒸発を他の標的より起こしやすい p 標的のデータを利用して、荷電粒子蒸発効果をうまく実験値で除去することにより、単純な Glauber 計算と比べられる可能性を追求した。その結果、図 1.8 に示すように、わずか 4 つのパラメータで Be, C, Al 標的に対する 15 データを非常によく再現することに成功し、この方法が有望であることを示せた。

図 1.9: 水中 ^{17}N の β -NMR スペクトル図 1.10: YSZ 中 ^{19}O の β -NMR スペクトル

β 線検出核磁気共鳴法を用いた物質科学研究

水の中に打ち込んだ窒素イオンが形成する化学種を同定するために、短寿命核 ^{17}N の高分解能 β -NMR スペクトルの測定を行った。図 1.9 に示すように、以前測定した 2 本の共鳴線のうち、低周波数側のピークについて分解能 (FWHM) を以前の 200 ppm から 9 ppm に上げて測定を行った。得られたスペクトルは、分解能から予想される線幅よりもやや広がっているように見えていることから、singlet ではなく、 ^{17}N 核と水素核 ^1H によるスピン-スピン結合により doublet や triplet などに分裂している可能性を示唆している。さらなる高分解能化によりスピン-スピン結合による分裂が観測できれば、水に打ち込んだ窒素が水素と化学結合状態を形成していることの明確な証拠となる。RF 磁場強度を下げればさらなる高分解能化が可能であるため、近いうちにスピン-スピン結合の有無を明らかにできると期待している。

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の電解質材料として利用されている高酸素イオン伝導体、 Y_2O_3 安定化 ZrO_2 (YSZ) 単結晶中における ^{19}O のスピン-格子緩和時間 T_1 の測定を行った。結果を図 1.10 に示す。図の黒い曲線は、先行研究の安定同位体 ^{17}O NMR 法で得られた T_1 から求められた酸素イオンの拡散パラメータを用いて、 ^{19}O の場合にスケーリングした T_1 の温度依存性であり、今回の実験値をよく再現していることがわかる。この結果は、試料外部からビームとして注入した ^{19}O が、YSZ 中の酸素置換位置に留まり、母体の酸素イオンと同様に振る舞っていることを強く示唆している。高価な同位体濃縮試料を必要とする ^{17}O NMR 法に代わり、 ^{19}O β -NMR 法が新たな SOFC 材料の酸素イオン伝導特性評価法として有望であることが示された。

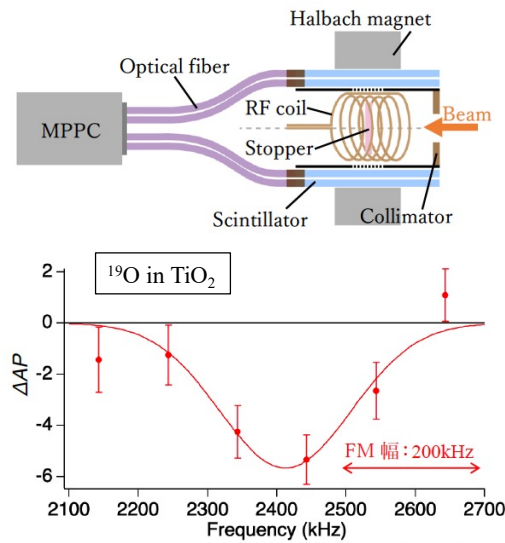


図 1.11: ハルバッハ配列磁石を用いた測定装置と ^{19}O の β -NMR スペクトル

ハルバッハ配列永久磁石を用いた小型 β -NMR 装置の開発

β -NMR 分光法を様々な加速器施設で測定できる環境をつくるために、非常に小型で運搬が容易な β -NMR 装置を新たに作成し、その性能試験を行った。図 1.11 に示すような、ネオジウム永久磁石からなる円筒形ハルバッハ配列磁石を用いた。この磁石は、外径 84 mm、内径 40 mm、幅 25.4 mm、重さ約 1 kg と超小型ながら、円筒内部にほぼ一様な約 0.5 T の静磁場が生じている。円筒内部には、試料、RF コイルおよび直径 1 mm のシンチレーションファイバーを合計 128 本並べた β 線検出器が収められている。偏極 ^{19}O ビームを用いて性能試験を行った結果、図 1.11 に示す NMR スペクトルが得られ、問題なく動作することが確認できた。

超冷中性子を用いた中性子電気双極子モーメント測定

超冷中性子 (UCN) を用いた中性子電気双極子モーメント (nEDM) 測定に向け、精密磁場生成に必須の第 1 段磁気遮蔽として環境磁場を自動補償する 3 次元アクティブシールドを開発している。60 Hz 近辺の揺動磁場に対する現システムの時間応答を調べたところ、フィードバックゲイン 5.5 倍で、磁場の DC 成分、AC 成分とも、予定通り約 1/5 に抑制されたが、寄生発振のためこれ以上ゲインを上げられない。この問題の解決には、AC 成分と DC 成分を分離する図 1.12 の PID 制御が有効とわかり、今後導入する。

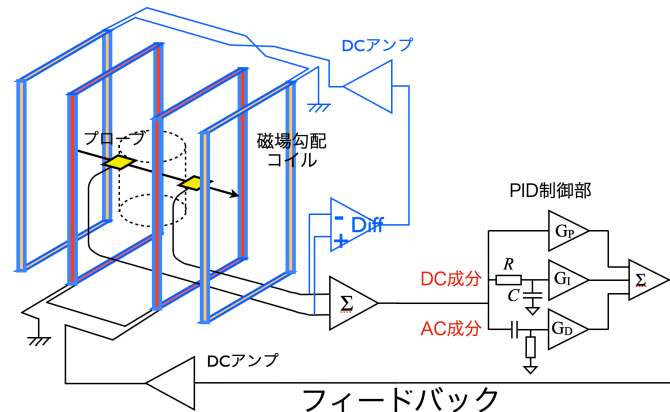


図 1.12: PID 制御付きアクティブシールド概念図

学術雑誌に出版された論文

Novel multi-layer plastic-scintillator-based solid active proton target for inverse-kinematics experiments

D.T. Tran, S. Terashima, H.J. Ong, K. Hirakawa, Y. Matsuda, N. Aoi, M.N. Harakeh, M. Itoh, T. Kawabata^s, A. Kohda, S.Y. Matsumoto, T. Nishi, J. Okamoto, I. Tanihata
 Nucl. Instrum. Methods A **959** (Apr.) (2020) 163514
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2020.163514>).

Compressional-mode resonances in the molybdenum isotopes: Emergence of softness in open-shell nuclei near $A = 90$

K.B. Howard, U. Garg, M. Itoh, H. Akimune, M. Fujiwara, T. Furuno^s, Y.K. Gupta, M.N. Harakeh, K. Inaba, Y. Ishibashi, K. Karasudani, T. Kawabata^s, A. Kohda, Y. Matsuda, M. Murata, S. Nakamura, J. Okamoto, S. Ota, J. Piekarewicz, A. Sakaue, M. Senyigit, M. Tsumura, and Y. Yang
 Phys. Lett. B **807** (Aug.) (2020) 135608 1–5
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2020.135608>).

Mapping of a New Deformation Region around ^{62}Ti

S. Michimasa, M. Kobayashi, Y. Kiyokawa, S. Ota, R. Yokoyama, D. Nishimura, D.S. Ahn, H. Baba, G.P.A. Berg, M. Dozono, N. Fukuda, T. Furuno^s, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Kawabata^s, S. Kawase, K. Kisamori, K. Kobayashi, T. Kubo, Y. Kubota, C.S. Lee, M. Matsushita, H. Miya, A. Mizukami, H. Nagakura, H. Oikawa, H. Sakai, Y. Shimizu, A. Stolz, H. Suzuki, M. Takaki, H. Takeda, S. Takeuchi, H. Tokieda, T. Uesaka, K. Yako, Y. Yamaguchi, Y. Yanagisawa, K. Yoshida, and S. Shimoura
 Phys. Rev. Lett. **125** (Sep.) (2020) 122501 1–6
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.125.122501>).

Experimental study of $(p, 2p)$ reaction at 392 MeV on ^{12}C , ^{16}O , ^{40}Ca and ^{208}Pb nuclei leading to low-energy states of residual nuclei

T. Noro, T. Wakasa, T. Ishida, H.P. Yoshida, M. Dozono, H. Fujimura, K. Fujita, K. Hatanaka, T. Ishikawa, M. Itoh, J. Kamiya, T. Kawabata^s, Y. Maeda, H. Matsubara, M. Nakamura, H. Sakaguchi, Y. Sakemi, Y. Shimizu, H. Takeda, Y. Tameshige, A. Tamii, K. Tamura, S. Terashima, M. Uchida, Y. Yasuda, and M. Yosoi
 Prog. Theor. Exp. Phys. **2020** (Sep.) (2020) 093D02 1–17
<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptaa109>).

Electric and magnetic dipole strength in $^{112,114,116,118,120,124}\text{Sn}$

S. Bassauer, P. von Neumann-Cosel, P.-G. Reinhard, A. Tamii, S. Adachi^s, C.A. Bertulani, P.Y. Chan, A. D'Alessio, H. Fujioka, H. Fujita, Y. Fujita, G. Gey, M. Hilcker, T.H. Hoang, A. Inoue, J. Isaak, C. Iwamoto, T. Klaus, N. Kobayashi, Y. Maeda, M. Matsuda, N. Nakatsuka, S. Noji, H.J. Ong, I. Ou, N. Pietralla, V.Yu. Ponomarev, M.S. Reen, A. Richter, M. Singer, G. Steinhilber, T. Sudo, Y. Togano, M. Tsumura, Y. Watanabe, V. Werner
 Phys. Rev. C **102** (3, September) (2020) 034327 1–23
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.102.034327>).

Evolution of the dipole polarizability in the stable tin isotope chain

S. Bassauer, P. von Neumann-Cosel, P.-G. Reinhard, A. Tamii, S. Adachi^s, C.A. Bertulani, P.Y. Chan, G. Colò, A. D'Alessio, H. Fujioka, H. Fujita, Y. Fujita, G. Gey, M. Hilcker, T.H. Hoang, A. Inoue, J. Isaak, C. Iwamoto, T. Klaus, N. Kobayashi, Y. Maeda, M. Matsuda, N. Nakatsuka, S. Noji, H.J. Ong, I. Ou, N. Paar, N. Pietralla, V.Yu. Ponomarev, M.S. Reen, A. Richter, X. Roca-Maza, M. Singer, G. Steinhilber, T. Sudo, Y. Togano, M. Tsumura, Y. Watanabe, V. Werner
 Phys. Lett. B **810** (10, November) (2020) 135804 1–7
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2020.135804>).

Formation of α clusters in dilute neutron-rich matter

J. Tanaka, Z. Yang, S. Typel, S. Adachi^s, S. Bai, P. van Beek, D. Beaumel, Y. Fujikawa, J. Han, S. Heil, S. Huang, A. Inoue, Y. Jiang, M. Knösel, N. Kobayashi, Y. Kubota, W. Liu, J. Lou, Y. Maeda, Y. Matusda, K. Miki, S. Nakamura, K. Ogata, V. Panin, H. Sheit, F. Schindler, P. Schrock, D. Symochko, A. Tamii, T. Uesaka, V. Wanger, K. Yoshida, J. Zenihiro, T. Aumann
 Science **371** (6526, January) (2021) 260–264
<http://dx.doi.org/doi:10.1126/science.abe4688>).

Experimental study of the Γ_{p1}/Γ_{p0} ratios of resonance states in ^8Be for deducing the $^7\text{Be}(n, p_1)^7\text{Li}^*$ reaction rate relevant to the cosmological lithium problem

N. Iwasa, S. Ishikawa, S. Kubono, T. Sakakibara, K. Kominato, K. Nishio, M. Matsuda,

K. Hirose, H. Makii, R. Orlandi, K. Asada, D. Guru, S. Nishimura, S. Hayakawa, and T. Kawabata^s

Phys. Rev. C **103** (1, Jan.) (2021) 015801 1–5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.103.015801>).

β -decay half-lives of 55 neutron-rich isotopes beyond the $N = 82$ shell gap

J. Wu, S. Nishimura, P. Möller, M.R. Mumpower, R. Lozeva, C.B. Moon, A. Odahara^s, H. Baba, F. Browne, R. Daido^m, P. Doornenbal, Y. Fang^m, M. Haroon^m, T. Isobe, H.S. Jung, G. Lorusso, B. Moon, Z. Patel, S. Rice, H. Sakurai, Y. Shimizu, L. Sinclair, P.-A. Söderström, T. Sumikama, H. Watanabe, Z.Y. Xu, A. Yagi^d, R. Yokoyama, D.S. Ahn, F.L. Bello Garrote, J.M. Daugas, F. Didierjean, N. Fukuda, N. Inabe, T. Ishigaki^m, D. Kameda, I. Kojouharov, T. Komatsubara, T. Kubo, N. Kurz, K.Y. Kwon, S. Morimoto^m, D. Murai, H. Nishibata^{DC}, H. Schaffner, T.M. Sprouse, H. Suzuki, H. Takeda, M. Tanaka, K. Tshoo, Y. Wakabayashi

Phys. Rev. C **101** (Apr) (2020) 042801 (R) - 1 - 7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.101.042801>).

Shape evolution of neutron-rich $^{106,108,110}\text{Mo}$ isotopes in the triaxial degree of freedom

J. Ha, T. Sumikama, F. Browne, N. Hinohara, A.M. Bruce, S. Choi, I. Nishizuka, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Söderström, H. Watanabe, R. Daido^m, Z. Patel, S. Rice, L. Sinclair, J. Wu, Z.Y. Xu, A. Yagi^d, H. Baba, N. Chiga, R. Carroll, F. Didierjean, Y. Fang^m, N. Fukuda, G. Gey, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, I. Kojouharov, N. Kurz, T. Kubo, S. Lalkovski, Z. Li, R. Lozeva, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, Zs. Podolyák, P.H. Regan, O.J. Roberts, H. Sakurai, H. Schaffner, G.S. Simpson, H. Suzuki, H. Takeda, M. Tanaka, J. Taprogge, V. Werner, O. Wieland

Phys. Rev. C **101** (Apr) (2020) 044311 - 1 - 24

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.101.044311>).

Three-dimensional tracking multi-segmented proportional gas counter for β -decay spectroscopy of unstable nuclei

Y. Hirayama, P. Schury, M. Mukai, H. Choi, S. Iimura^d, Y. X. Watanabe, M. Wada, H. Watanabe, H. Miyatake

Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **997** (May) (2020) 165152 - 1 - 10

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2021.165152>).

Isomeric and β -decay spectroscopy of $^{173,174}\text{Ho}$

J.J. Liu, J. Lee, H. Watanabe, S. Nishimura, G.X. Zhang, J. Wu, P.M. Walker, P.H. Regan, P.-A. Söderström, H. Kanaoka^m, Z. Korkulu, P.S. Lee, A. Yagi^d, A.C. Dai, F.R. Xu, D.S. Ahn, T. Alharbi, H. Baba, F. Browne, A.M. Bruce, R.J. Carroll, K.Y. Chae,

Zs. Dombradi, P. Doornenbal, A. Estrade, N. Fukuda, C. Griffin, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Isobe, S. Kanaya^{DC}, I. Kojouharov, F.G. Kondev, T. Kubo, S. Kubono, N. Kurz, I. Kuti, S. Lalkovski, G.J. Lane, C.S. Lee, E.J. Lee, G. Lorusso, G. Lotay, C.-B. Moon, I. Nishizuka, C.R. Nita, A. Odahara^s, Z. Patel, V.H. Phong, Zs. Podolyák, O.J. Roberts, H. Sakurai, H. Schaffner, C.M. Shand, Y. Shimizu, T. Sumikama, H. Suzuki, H. Takeda, S. Terashima, Zs. Vajta, J.J. Valiente-Dobon, Z.Y. Xu
 Phys. Rev. C **102** (Aug) (2020) 024301 -1 - 8
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.102.024301>).

β -decay of ⁷⁵Ni and the systematics of the low-lying level structure of neutron-rich odd-A Cu isotope

F.L. Bello Garrote, E. Sahin, Y. Tsunoda, T. Otsuka, A. Gorgen, M. Niikura, S. Nishimura, G.de Angelis, G. Benzoni, A.I. Morales, V. Modamio, Z.Y. Xu, H. Baba, F. Browne, A.M. Bruce, S. Ceruti, F.C.L. Crespi, R. Daido^m, M.-C. Delattre, P. Doornenbal, Zs. Dombradi, Y. Fang^m, S. Franchoo, G. Gey, A. Gottardo, K. Hadyńska-Klek, T. Isobe, P.R. John, H.S. Jung, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, I. Kuti, Z. Li, G. Lorusso, I. Matea, K. Matsui, D. Mengoni, T. Miyazaki, S. Momiyama, P. Morfouace, D.R. Napoli, F. Naqvi, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, R. Orlandi, Z. Patel, S. Rice, H. Sakurai, H. Schaffner, L. Sinclair, P.-A. Soderstrom, D. Sohler, I.G. Stefan, T. Sumikama, D. Suzuki, R. Taniuchi, J. Taprogge, Zs. Vajta, J.J. Valiente-Dobon, H. Watanabe, V. Werner, J. Wu, A. Yagi^d, M. Yalcinkaya, R. Yokoyama, K. Yoshinaga
 Phys. Rev. C **102** (Sep) (2020) 034314-1-13
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.102.034314>).

Evolution of proton single-particle states in neutron-rich Sb isotopes beyond $N = 82$

A. Jungclaus, J.M. Keatings, G.S. Simpson, H. Naidja, A. Gargano, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Gey, G. Lorusso, P.-A. Soderstrom, T. Sumikama, J. Taprogge, Z.Y. Xu, H. Baba, F. Browne, N. Fukuda, N. Inabe, T. Isobe, H.S. Jung, D. Kameda, G.D. Kim, Y.-K. Kim, I.Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, Z. Li, H. Sakurai, H. Schaffner, Y. Shimizu, H. Suzuki, H. Takeda, Z. Vajta, H. Watanabe, J. Wu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, S. Bonig, J.-M. Daugas, R. Gernhauser, S. Ilieva, T. Kroll, A. Montaner-Piza, K. Moschner, D. Mucher, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, R. Orlandi, M. Scheck, K. Steiger, A. Wendt
 Phys. Rev. C **102** (Sep) (2020) 034324 -1 - 11
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.102.034324>).

Accurately accounting for effects on times-of-flight caused by finite field-transition times during the ejection of ions from a storage trap: A study for single-reference TOF and MRTOF mass spectrometry

M. Rosenbusch, P. Schury, M. Wada, S. Iimura^d, Y. Ito, H. Wollnik

Int. J. Mass Spectrom. **456** (Oct) (2020) 116346 - 1 - 11

(<http://dx.doi.org/doi:doi.org/10.1016/j.ijms.2020.116346>).

Structure of the neutron-rich nucleus ^{30}Mg

H. Nishibata^{DC}, K. Tajiri^{DC}, T. Shimodaⁱ, A. Odahara^s, S. Morimoto^m, S. Kanaya^{DC}, A. Yagi^d, H. Kanaoka^m, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, M. Kimura, N. Tsunoda, T. Otsuka
Phys. Rev. C **102** (Nov) (2020) 054327 - 1 - 14

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.102.054327>).

Observation of new neutron-rich isotopes in the vicinity of ^{110}Zr

T. Sumikama, N. Fukuda, N. Inabe, D. Kameda, T. Kubo, Y. Shimizu, H. Suzuki, H. Takeda, K. Yoshida, H. Baba, F. Browne, A.M. Bruce, R. Carroll, N. Chiga, R. Daido^m, F. Didierjean, P. Doornenbal, Y. Fang^m, G. Gey, E. Ideguchi, T. Isobe, S. Lalkovski, Z. Li, G. Lorusso, R. Lozeva, H. Nishibata^{DC}, S. Nishimura, I. Nishizuka, A. Odahara^s, Z. Patel, Zs. Podolyák, P.H. Regan, S. Rice, O.J. Roberts, H. Sakurai, G.S. Simpson, L. Sinclair, P.-A. Söderström, M. Tanaka, J. Taprogge, H. Watanabe, V. Werner, O. Wieland, J. Wu, Z.Y. Xu, A. Yagi^d

Phys. Rev. C **103** (Jan) (2021) 014614 -1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.103.014614>).

Nuclear structure of Te isotopes beyond neutron magic number $N = 82$

B. Moon, A. Jungclaus, H. Naïdja, A. Gargano, R. Lozeva, C.-B. Moon, A. Odahara^s, G. S. Simpson, S. Nishimura, F. Browne, P. Doornenba G. Gey, J. Keatings, G. Lorusso, Z. Patel, S. Rice, M. Si, L. Sinclair, P.-A. Söderström, T. Sumikama, J. Taprogge, H. Watanabe, J. Wu, Z. Y. Xu, A. Yagi^d, D. S. Ahn, H. Baba, F. L. Bello Garrote, S. Bönig, R. Daido^m, J. M. Daugas, F. Didierjean, F. Drouet, Y. Fang^m, N. Fukuda, R. Gernhäuser, B. Hong, E. Ideguchi, S. Ilieva, N. Inabe, T. Ishigaki, T. Isobe, H. S. Jung, D. Kameda, I. Kojouharov, T. Komatsubara, T. Kröll, T. Kubo, N. Kurz, Y. K. Kwon, C. S. Lee, P. Lee, Z. Li, A. Montaner-Pizá, S. Morimoto, K. Moschner, D. Mücher, D. Murai, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, I. Nishizuka, R. Orlandi, H. Sakurai, H. Schaffner, Y. Shimizu, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, K. Tshoo, Zs. Vajta, A. Wendt, R. Yokoyama, and K. Yoshinaga

Phys. Rev. C **103** (Mar) (2021) 034320 -1-15

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.103.034320>).

Observation of Coulomb-Assisted Nuclear Bound State of $\Xi^- - ^{14}\text{N}$ system

S. H. Hayakawa^d, K. Agari, J. K. Ahn, T. Akaishi^d, Y. Akazawa, S. Ashikaga, B. Bassal-leck, S. Bleser, H. Ekawa, Y. Endo, Y. Fujikawa, N. Fujioka, M. Fujita, R. Goto, Y. Han, S. Hasegawa, T. Hashimoto, T. Hayakawa^m, E. Hayata, K. Hicks, E. Hirose, M. Hirose, R. Honda, K. Hoshino, S. Hoshino^m, K. Hosomi, S. H. Hwang, Y. Ichikawa, M. Ichikawa

K. Imai, K. Inaba, Y. Ishikawa, H. Ito, K. Ito, W. S. Jung, S. Kanatsuki, H. Kanauchi, A. Kasagi, T. Kawai, M. H. Kim, S. H. Kim, S. Kinbara, R. Kiuchi, H. Kobayashi, K. Kobayashi^m, T. Koike, A. Koshikawa, J. Y. Lee, T. L. Ma, S. Y. Matsumoto, M. Minakawa, K. Miwa, A. T. Moe, T. J. Moon, M. Moritsu, Y. Nagase, Y. Nakada^d, M. Nakagawa^d, D. Nakashima, K. Nakazawa, T. Nanamura, M. Naruki, A. N. L. Nyaw, Y. Ogura, M. Ohashi, K. Oue^m, S. Ozawa, J. Pochodzalla, S. Y. Ryu, H. Sako, S. Sato, Y. Sato, F. Schupp, K. Shirotori, M. M. Soe, M. K. Soe, J. Y. Sohn, H. Sugimura, K. N. Suzuki, H. Takahashi, T. Takahashi, T. Takeda, H. Tamura, K. Tanida, A. M. M. Theint, K. T. Tint, Y. Toyama, M. Ukai, E. Umezaki, T. Watabe, K. Watanabe, T. O. Yamamoto, S. B. Yang, C. S. Yoon, J. Yoshida, M. Yoshimoto, D. H. Zhang and Z. Zhang
Physical Review Letters **126** (No. 6, Feb.) (2021) 062501
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.126.062501>).

An event excess observed in the deeply bound region of the $^{12}\text{C}(K^-, p)$ missing-mass spectrum

Yudai Ichikawa, Junko Yamagata-Sekihara, Jung Keun Ahn, Yuya Akazawa, Kanae Aoki, Elena Botta, Hiroyuki Ekawa, Petr Evtoukhovitch, Alessandro Feliciello, Manami Fujita, Toshiyuki Gogami, Shoichi Hasegawa, Tomoyuki Hasegawa, Shuhei Hayakawa^d, Tomonori Hayakawa, Satoru Hirenzaki, Ryotaro Honda, Kenji Hosomi, Ken'ichi Imai, Wooseung Jung, Shunsuke Kanatsuki, Shin Hyung Kim, Shinji Kinbara, Kazuya Kobayashi^m, Jaeyong Lee, Simonetta Marcello, Koji Miwa, Taejin Moon, Tomofumi Nagae, Yoshiyuki Nakada^d, Manami Nakagawa^d, Takuya Nanamura, Megumi Naruki, Atsushi Sakaguchi^s, Hiroyuki Sako, Susumu Sato, Yuki Sasaki, Kotaro Shirotori, Hitoshi Sugimura, Toshiyuki Takahashi, Hirokazu Tamura, Kiyoshi Tanida, Zviadi Tsamalaidze, Mifuyu Ukai, Takeshi O Yamamoto
Progress of Theoretical and Experimental Physics **2020** (No. 12, Sep.) (2020) 123D01
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptaa139>).

Observation of a K^-NN bound state in the $^3\text{He}(K^-, \Lambda p)n$ reaction

T. Yamaga, S. Ajimura, H. Asano, G. Beer, H. Bhang, M. Bragadireanu, P. Buehler, L. Busso, M. Cargnelli, S. Choi, C. Curceanu, S. Enomoto, H. Fujioka, Y. Fujiwara, T. Fukuda, C. Guaraldo, T. Hashimoto, R. S. Hayano, T. Hiraiwa, M. Iio, M. Iliescu, K. Inoue, Y. Ishiguro, T. Ishikawa, S. Ishimoto, K. Itahashi, M. Iwai, M. Iwasaki, K. Kanno, K. Kato, Y. Kato, S. Kawasaki, P. Kienle, H. Kou, Y. Ma, J. Marton, Y. Matsuda, Y. Mizoi, O. Morra, T. Nagae, H. Noumi, H. Ohnishi, S. Okada, H. Outa, K. Piscicchia, Y. Sada, A. Sakaguchi^s, F. Sakuma, M. Sato, A. Scordo, M. Sekimoto, H. Shi, K. Shirotori, D. Sirghi, F. Sirghi, S. Suzuki, T. Suzuki, K. Tanida, H. Tatsuno, M. Tokuda, D. Tomono, A. Toyoda, K. Tsukada, O. Vazquez Doce, E. Widmann, T. Yamazaki, H. Yim, Q. Zhang, J. Zmeskal
Physical Review C **102** (No. 4, Oct.) (2020) 044002

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.102.044002>).

K^-pp bound system at J-PARC

Fuminori Sakuma, Shuhei Ajimura, Hidemitsu Asano, George Beer, Carolina Berucci, Hyoungchan Bhang, Mario Bragadireanu, Paul Buehler, Luigi Busso, Michael Cargnelli, Seonho Choi, Catalina Curceanu, Shun Enomoto, Hiroyuki Fujioka, Yuya Fujiwara, Tomokazu Fukuda, Carlo Guaraldo, Tadashi Hashimoto, Ryugo S. Hayano, Toshihiko Hiraiwa, Masami Iio, Mihai Iliescu, Kentaro Inoue, Yosuke Ishiguro, Takashi Ishikawa, Shigeru Ishimoto, Kenta Itahashi, Masahiko Iwasaki, Koki Kanno, Kazuma Kato, Yuko Kato, Shingo Kawasaki, Paul Kienle, Hiroshi Kou, Yue Ma, Johann Marton, Yasuyuki Matsuda, Yutaka Mizoi, Ombretta Morra, Tomofumi Nagae, Hiroyuki Noumi, Hiroaki Ohnishi, Shinji Okada, Haruhiko Outa, Kristian Piscicchia, Yuta Sada, Atsushi Sakaguchi^s, Masaharu Sato, Alessandro Scordo, Michiko Sekimoto, Hexi Shi, Kotaro Shirotori, Diana Sirghi, Florin Sirghi, Ken Suzuki, Shoji Suzuki, Takatoshi Suzuki, Kiyoshi Tanida, Hideyuki Tatsuno, Makoto Tokuda, Dai Tomono, Akihisa Toyoda, Kyo Tsukada, Oton Vazquez Doce, Eberhard Widmann, Takumi Yamaga, Toshimitsu Yamazaki, Qi Zhang, Johannes Zmeskal
AIP Conference Proceedings **2249** (No. 2, July) (2020) 020005
(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/5.0008808>).

\bar{K} -Nuclear Bound State at J-PARC

Fuminori Sakuma, Shuhei Ajimura, Hidemitsu Asano, George Beer, Carolina Berucci, Hyoungchan Bhang, Mario Bragadireanu, Paul Buehler, Luigi Busso, Michael Cargnelli, Seonho Choi, Catalina Curceanu, Shun Enomoto, Hiroyuki Fujioka, Yuya Fujiwara, Tomokazu Fukuda, Carlo Guaraldo, Tadashi Hashimoto, Ryugo S. Hayano, Toshihiko Hiraiwa, Masami Iio, Mihai Iliescu, Kentaro Inoue, Yosuke Ishiguro, Takashi Ishikawa, Shigeru Ishimoto, Kenta Itahashi, Masahiko Iwasaki, Koki Kanno, Kazuma Kato, Yuko Kato, Shingo Kawasaki, Paul Kienle, Hiroshi Kou, Yue Ma, Johann Marton, Yasuyuki Matsuda, Yutaka Mizoi, Ombretta Morra, Tomofumi Nagae, Hiroyuki Noumi, Hiroaki Ohnishi, Shinji Okada, Haruhiko Outa, Kristian Piscicchia, Yuta Sada, Atsushi Sakaguchi^s, Masaharu Sato, Alessandro Scordo, Michiko Sekimoto, Hexi Shi, Kotaro Shirotori, Diana Sirghi, Florin Sirghi, Ken Suzuki, Shoji Suzuki, Takatoshi Suzuki, Kiyoshi Tanida, Hideyuki Tatsuno, Makoto Tokuda, Dai Tomono, Akihisa Toyoda, Kyo Tsukada, Oton Vazquez Doce, Eberhard Widmann, Takumi Yamaga, Toshimitsu Yamazaki, Qi Zhang, Johannes Zmeskal
JPS Conference Proceedings **32** (No. 1, July) (2020) 010088
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JSPCP.32.010088>).

In-beam Mössbauer spectra of ^{57}Mn implanted into lithium aluminum hydride

Y. Sato, Y. Yamada, Y. Kobayashi, M. K. Kubo, M. Mihara^s, W. Sato, J. Miyazaki, T. Nagatomo, T. Ando, N. Takahama, K. Some, M. Sato, S. Sato, A. Kitagawa
Applied Radiation and Isotopes **170** (Jan.) (2021) 109582 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.apradiso.2020.109582>).

Detectors for direct Dark Matter search at KamLAND

A. Kozlov, D. Chernyak, Y. Takemoto, K. Fushimi, K. Imagawa, K. Yasuda, H. Ejiri, R. Hazama, H. Ikeda, K. Inoue, S. Yoshida^s, R.A. Etezov, Yu. M. Gavriluk, V.V. Kazalov, V.V. Kuzminov, S.I. Panasenko

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A **958** (No. 1, Apr.) (2020) 162239
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2019.05.080>).

The energy calibration system for CANDLES using (n, γ) reaction

T. Iida, K. Mizukoshi, T. Ohata, T. Uehara, B. Temuge^d, K. Fushimi, R. Hazama, M. Ishikawa, H. Kakubata^d, kanagawa, S. Katagiri^m, B.T. Khai^d, T. Kishimotoⁱ, X. Li^d, T. Maeda^d, K. Matsuoka, K. Morishita, M. Moser, K. Nakajima, M. Nomachi, I. Ogawa, M. Shokati^d, K. Suzuki, Y. Takemoto, Y. Takihira, Y. Tamagawa, K. Tetsuno^d, M. Tozawa, V.T.T. Trang^d, S. Umeharaⁱ, S. Yoshida^s

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **986** (Jan.) (2021) 164727
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2020.164727>).

A study on energy resolution of CANDLES detector

B.T. Khai^d, S. Ajimurai, W.M. Chan^d, K. Fushimi, R. Hazama, H. Hiraoka, T. Iida, kanagawa, H. Kino, T. Kishimotoⁱ, T. Maeda^d, K. Nakajima, M. Nomachi, I. Ogawa, T. Ohata, K. Suzuki, Y. Takemoto, Y. Takihira, Y. Tamagawa, M. Tozawa, M. Tsuzuki, S. Umeharaⁱ, S. Yoshida^s

IEEE Transactions on Nuclear Science **68** (3) (2021) 368-378
(<http://dx.doi.org/doi:10.1109/TNS.2021.3054788>).

Search for neutrino-less double beta decay of ^{48}Ca –CANDLES–

S. Umeharaⁱ, M. Nomachi, T. Kishimotoⁱ, S. Ajimurai, Y. Takemoto, K. Tetsuno^d, K. Takihira, K. Matsuoka, V.T.T. Trang^d, S. Yoshida^s, M. Shokati^d, X. Li^d, B. Temuge^d, B.T. Khai^d, K.K. Lee^d, K. Akutagawa^m, F. Soberi^m, K. Mizukoshi, K. Yamamoto, Y. Tamagawa, I. Ogawa, K. Nakajima, M. Tozawa, K. Shimizu, K. Shimizu, Y. Mori, Y. Ikeyama, K. Ozawa, K. Matsuoka, T. Iida, K. Fushimi, R. Hazama, P. Noithong, K. Suzuki, H. Ohsumi

Journal of Physics: Conference Series **1643** (No. 1, Dec.) (2020) 012028
(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1742-6596/1643/1/012028>).

国際会議報告等**Development of RF Carpet Type Gas Cell in SLOWRI for BigRIPS Beam**

S. Iimura^{d*}, A. Takamine, M. Rosenbusch, M. Wada, S. Chen, J. Liu, P. Schury, T. Sonoda, T. M. Kojima, Y. X. Watanabe, A. Odahara^s, H. Ishiyama

Proceedings of the Specialists' Meeting on 'Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei VI' and Meeting on '11th Nuclear Spectroscopy Research Using Stop and Slow Unstable Nuclei (SSRI)' **KURNS-EKR-8, ISSN-2434-1088** (June) (2020) 83-86.

'Nuclear Spectroscopy and Condensed Matter Physics Using Short-Lived Nuclei VI' and '11th Nuclear Spectroscopy Research Using Stop and Slow Unstable Nuclei (SSRI)' (Jan 16-17, 2020, 参加者数約 50 名) .xxx

Second report on offline tests for RF carpet transportation in RF ion guide gas cell at the SLOWRI facility

S. Iimura^{d*}, A. Takamine, M. Rosenbusch, M. Wada, S. Chen, J. Liu, P. Schury, T. Sonoda, T. M. Kojima, Y. X. Watanabe, A. Odahara^s, H. Ishiyama

RIKEN Accelerator Progress Report 2019 **53** (Sep) (2020) 107.

Possibility to Employ Nucleon Pickup Cross Sections to Look into Nucleon Momentum Distributions in Nuclei

M. Fukuda^{s*}, N. Tadano, S. Yamaoka, M. Tanaka, J. Ohno, D. Nishimura, M. Takechi, R. Wakabayashi, H. Du, S. Fukuda, T. Izumikawa, N. Kanbara, Y. Kanke, A. Kitagawa, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, S. Miura, S. Momota, D. Murooka, J. Nagumo, T. Ohtsubo, H. Oikawa, S. Sato, J. Shimaya, Y. Takeuchi, S. Suzuki, T. Suzuki, Y. Tanaka, T. Yamaguchi

JPS Conf. Proc. **32** (Jul.) (2020) 010044 1-3.

Int. Conf. on Nucleus-Nucleus Collisions, (Omiya, Dec. 2019, 参加者数約 150 名).xxx

Development of a Method to Deduce Point-proton Radii from Charge Changing Cross Sections

A. Homma^{*}, M. Tanaka, M. Takechi, T. Ohtsubo, M. Fukuda^s, T. Suzuki, D. Nishimura, T. Moriguchi, D.S. Ahn, A.S. Aimaganbetov, M. Amano, H. Arakawa, S. Bagchi, K-H. Behr, N. Burtebayev, K. Chikaato, H. Du, T. Fujii, N. Fukuda, H. Geissel, T. Hori, S. Hoshino, R. Igosawa, A. Ikeda, N. Inabe, K. Inomata, K. Itahashi, T. Izumikawa, D. Kamioka, N. Kanda, I. Kato, I. Kenzhina, Z. Korkulu, Ye Kuk, K. Kusaka, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, E. Miyata, D. Nagae, S. Nakamura, M. Nassurlla, K. Nishimuro, K. Nishizuka, S. Ohmika, K. Ohnishi, M. Ohtake, H.J. Ong, A. Ozawa, A. Prochazka, H. Sakurai, C. Scheidenberger, Y. Shimizu, T. Sugihara, T. Sumikama, S. Suzuki, H. Suzuki, H. Takeda, Y. Tanaka, Y.K. Tanaka, T. Wada, K. Wakayama, S. Yagi, T. Yamaguchi, R. Yanagihara,

Y. Yanagisawa, K. Yoshida, T.K. Zholdybayev

JPS Conf. Proc. **32** (Jul.) (2020) 010032 1-3.

Int. Conf. on Nucleus-Nucleus Collisions, (Omiya, Dec. 2019, 参加者数約 150 名).xxx

国際会議における講演等

Measurement of De-Excitation Probabilities of Cluster States in ^{12}C to Determine the Triple Alpha Reaction Rate

T. Kawabata^{s*}

mini workshop on Prospect on particle and nuclear physics, and related subjects (online, Nov. 30, 2020, 参加人数約 30 名)

Triple alpha reaction rate under extreme conditions

T. Kawabata^{s*} (invited)

8th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (APFB2020), (Mar. 1-5, 2021, 参加者数 300 名)

One neutron removal cross sections for the ^{16}N isomeric state

M. Fukutome^{m*}, M. Fukuda^s, M. Tanaka, D. Nishimura, M. Takechi, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, T. Suzuki, T. Yamaguchi, M. Mihara^s, K. Matsuta^s

The 8th Asia-Pacific conference on Few-Body problems in Physics (APFB2020), Kanazawa, 1-5 Mar. 2021, 参加者数約 300 名

Development of Scintillating Bolometer with Large Undoped and Eu-doped CaF₂ Crystals for Neutrino-less Double Beta Decay of ^{48}Ca (poster)

S. Yoshida^{s*}

The XXIX International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (Fermi National Accelerator Laboratory, June21-July 2, 2020, 参加者数約 600 名)

Present Status of Low Temperature Detector for Neutrino-less Double Beta Decay

S. Yoshida^{s*}

Neutrinos Electro-Weak interactions and Symmetries 2020-12 (Osaka, Dec.21, 2020, 参加者数約 25 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

Search for alpha condensed state in ^{24}Mg

川畑 貴裕^{s*}

第3回クラスター階層領域研究会 (online, 2020年5月18日, 参加人数約50名)

Si 検出器を用いた低エネルギー荷電粒子の波形弁別

坂梨 公亮^{m*}, 川畑 貴裕^s, 足立 智^s, 藤川 祐輝, 稲葉 健斗, 岡本 慎太郎, 古野 達也^s, 村田 求基

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

Candidates for the 5α condensed state in ^{20}Ne

足立 智^{s*}

第5回クラスター階層領域研究会 (online, 2020年9月24-25日, 参加人数約50名)

Missing-mass spectroscopy of $^{10}\text{C}(\alpha, \alpha')$ with the MAIKo active target

古野 達也^{s*}

第5回クラスター階層領域研究会 (online, 2020年9月24-25日, 参加人数約50名)

MAIKo アクティブ標的を用いた ^{12}C と中性子の非弾性散乱測定

古野 達也^{s*}

MPGD & Active 媒質 TPC2020 研究会 (於 神戸大学, 2020 年 12 月 25-26 日, 参加人数約 60 名)

The MAIKo active target and the SAKRA Si detector array developed by the Osaka-Kyoto nuclear cluster physics group

川畑 貴裕^{s*}

新学術領域「クラスター階層」第2回検出器ワークショップ (online, 2020年12月25日, 参加人数約50名)

アルファ非弾性散乱と崩壊粒子同時測定による ^{20}Ne のアルファ凝縮状態の探索

足立 智^{s*}

RCNP 研究会「原子核における多様な共鳴現象とそれを探る反応機構」(online, 2021年1月18-20日 参加人数約50名)

^{10}C アルファ非弾性散乱の測定

古野 達也^{s*}

RCNP 研究会「原子核における多様な共鳴現象とそれを探る反応機構」(online, 2021年1月18-20日 参加人数約50名)

Si 検出器を用いた低エネルギー荷電粒子の波形弁別

坂梨 公亮^{m*}, 川畑 貴裕^s, 足立 智^s, 古野 達也^s, 辻 聖也^b, 氷見 香奈子^b, 藤川 祐輝, 稲葉 健斗, 岡本 慎太郎, 村田 求基, 伊藤 正俊, 松田 洋平, 山本 広平, 小野寺 史龍

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 – 3月15日)

機械学習技術を用いた Si 検出器の波形解析による粒子識別 (招待講演)川畑 貴裕 ^{s*}

日本原子力学会 春の年会 (online, 2021 年 3 月 17-19 日, 2021)

Cluster correlation in nuclei and its impact on nuclear astrophysics (講義)川畑 貴裕 ^{s*}

新学術領域研究「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」スクール (online, 2021 年 3 月 22-24 日, 参加人数約 70 名)

GAGG シンチレータの波形解析による粒子識別法の開発 (ポスター)辻 聖也 ^{b*}, 川畑 貴裕 ^s, 古野 達也 ^s, 坂梨 公亮 ^m, 足立 智 ^s, 氷見 香奈子 ^b, 村田 求基, 藤川 祐輝, 稲葉 健斗, 岡本 慎太郎, 伊藤 正俊, 松田 洋平, 黒澤 俊介, 山路 晃広

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

高密度環境下におけるトリプルアルファ反応率決定のための $^{12}\text{C}(n,n')^{12}\text{C}(0_2^+)$ の散乱断面積の測定 (ポスター)氷見 香奈子 ^{b*}, 土井 隆暢, 川畑 貴裕 ^s, 古野 達也 ^s, 足立 智 ^s, 坂梨 公亮 ^m, 村田 求基, 稲葉 健斗, 藤川 祐輝, 岡本 慎太郎, 延與 紫世, 土方 佑斗, 村田 勲, 玉置 真悟

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

PIN ダイオードを用いたラドン検出器によるラドン濃度測定 ～地震との関連性の発見を目指して～ (ポスター)チン シタン ^{b*}, 川畑 貴裕 ^s, 大上 能弘 ^m

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

理研 BigRIPS SLOWRI における RF カーペットガスセルの開発飯村俊 ^{d*}, 高峰愛子, M. Rosenbusch, 和田道治, S. Chen, J. Liu, W. Xian, D. Hou, S. Yan, P. Schury, 園田哲, 小島隆夫, 渡辺裕, 小田原厚子 ^s, 石山博恒

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

理研 BigRIPS SLOWRI における RF カーペットガスセルの開発 —オンライン実験と質量測定—飯村俊 ^{d*}, 高峰愛子, M. Rosenbusch, 和田道治, S. Chen, D. Hou, J. Liu, W. Xian, S. Yan, P. Schury, 木村創大, 庭瀬暁隆, 伊藤由太, 園田哲, 小島隆夫, 渡辺裕, S. Naimi, 道正新一郎, 西村俊二, 小田原厚子 ^s, 石山博恒

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

Nuclear Structure Study of Neutron-Rich Xe Nuclei by Beta Decay of ^{141}I N.M. Nor ^{d*}, A. Odahara ^s, A. Yagi ^d, R. Lozeva, C.B. Moon, S. Nishimura, H. Nishibata ^{DC},

P. Doornenbal, G. Lorusso, T. Sumikama, H. Watanabe, F. Brown, Z.Y. Xu, J. Wu, R. Yokoyama, T. Isobe, H. Baba, H. Sakurai, H. Suzuki, N. Inabe, D. Kameda, N. Fukuda, H. Takeda, D.S. Ahn, Y. Shimizu, H. Sato, T. Kubo, S. Iimura^d, Y. Fang^m, R. Daido^m, T. Ishigaki^m, S. Morimoto^m, E. Ideguchi, T. Komatsubara, M. Niikura, I. Nishizuka and the EURICA collaborators

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

スピン偏極 ³¹Mg ビームを用いた ³¹Al 核の構造研究

前島大樹^{m*}, 小田原厚子^s, 西畑洗希, 下田正ⁱ, 大上 能弘^m, 飯村俊^d, 金谷晋之介^{DC}, 大谷 優里花^m, 浜野勇哉, 関口直太, 浅川寛太 C, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

³³Mg の β 遅発中性子崩壊による中性子過剰核 ³³Al の中性子非束縛状態の研究

大上 能弘^{m*}, 小田原厚子^s, 西畑洗希, 下田正ⁱ, 大谷 優里花^m, 前島大樹^m, 金谷晋之介^{DC}, 飯村俊^d, 吉岡篤志^b, 浜野勇哉, 関口直太, 浅川寛太, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

中性子過剰核の構造解明のための新たな β 遅発中性子検出器開発 (ポスター)

吉岡篤志^{b*}, 小田原厚子^s, 飯村俊^d, 大上 能弘^m, 前島大樹^m, N.M. Nor^d

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

K⁻ ビームを用いたハイパートライトンの寿命直接測定の現状

赤石貴也^{d*}, 他 J-PARC P73 collaboration

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

シンチレーションファイバートラッカーのデータ収集における読み出し ASIC のビームレート依存性の評価

木村祐太^{m*}, 阪口篤志^s, 本多良太郎, 白鳥昂太郎, 野海博之, 冨田夏希, 石川貴嗣, 梶川俊介, 辰巳凌平^m, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

MPPC を用いたエアロゲルチェレンコフ粒子識別検出器の性能評価

辰巳凌平^{m*}, 阪口篤志^s, 白鳥昂太郎, 田端誠

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

MPPC アレイを使用したテスト用リングイメージチェレンコフ検出器の性能評価 (ポスター)

戸田匡哉^{b*}, 木村祐太^m, 阪口篤志^s, 白鳥昂太郎, 辰巳凌平^m, 徳田恵^b, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

リングイメージチェレンコフ検出器に用いる MPPC アレイの性能評価 (ポスター)

徳田恵^{b*}, 阪口篤志^s, 白鳥昂太郎, 木村祐太^m, 辰巳凌平^m, 戸田匡哉^b, 他 J-PARC E50 コラボレーション

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

ハイパートライト寿命直接測定のための PbF₂ カロリメータの性能評価

赤石貴也^{d*}

新学術領域「クラスター階層」第二回検出器ワークショップ (於 オンライン開催、2020年12月25日)

³_ΛH 寿命直接測定のための PbF₂ カロリメータの性能評価 (2)

赤石貴也^{d*}, 他 J-PARC P73 collaboration

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

p-sd 殻領域中性子過剰核の陽子・中性子剥離断面積と中性子スキン

福田 光順^{s*}, 田中聖臣, 若林諒, 沖本直哉, 福留 美樹^m, 西村太樹, 武智麻耶, 泉川卓司, 大坪隆, 生越瑞揮, 北川敦志, 坂上護, 佐藤眞二, 鈴木健, 高橋弘幸, 富田瑞樹, 野口法秀, 福田茂一, 本間彰, 松多 健策^s, 三原 基嗣^s, 宮田恵理, 茂住圭一, 山口滉太, 山口貴之, 横田健次郎

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

¹⁶N の核構造と 1 中性子剥離反応による ¹⁵N の運動量分布

福留 美樹^{m*}, 福田 光順^s, 沖本直哉, Ronja Kehl, 若林諒, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 山口滉太, 本間彰, 武智麻耶, 富田瑞樹, 茂住圭一, 野口法秀, 片山美稀, 成瀬彩夏, 吉村暢也, 生越瑞揮, 大坪隆, 西村太樹, 高橋弘幸, 鈴木健, 山口貴之, Maulen Nassulla, 藤居朋也, 横田健次郎, 坂上護, 泉川卓司, 小沢颯, 森口哲朗, 百田佐多生, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志, 田中聖臣

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発 (10)

松多 健策^{s*}, 増田康博, 三原 基嗣^s, 吉田朋美

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

中性子 EDM 測定のための ¹²⁹Xe 核スピン磁力計の開発 XV

三原 基嗣^{s*}, 増田康博, 松多 健策^s

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

短寿命酸素 NMR プローブ核 ¹⁹O の物質科学利用

三原 基嗣^{s*}, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 若林諒, 沖本直哉, 福留 美樹^m, 泉川卓司, 野口法秀, 生越瑞揮, 大坪隆, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, Aleksey Gladkov, 北川敦志, 佐藤眞二

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

ハルバツハ配列磁石を用いた小型 β -NMR 装置の開発

木村 容子^{b*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 大谷 優里花^m, 高山 元^b, 泉川卓司, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 大坪隆, 高橋弘幸, 百田佐多生, 奥村寛之, 森口哲朗, 小沢顕, 北川敦志, 佐藤眞二

令和 2 年度京大複合研専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 VII」(オンライン開催, 2021 年 1 月 15 日)

溶液中の β -NMR 分光のための高分解能化について

三原 基嗣^{s*}, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 若林諒, 大谷 優里花^m, 木村 容子^b, 福留 美樹^m, 高山 元^b, 南園 忠則ⁱ, 西村太樹, 高橋弘幸, 泉川卓司, 大坪隆, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 百田佐多生, 小沢顕, 長友傑, 北川敦志, 佐藤眞二

令和 2 年度京大複合研専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 VII」(オンライン開催, 2021 年 1 月 15 日)

酸化物形燃料電池材料 YSZ 中 ^{19}O の偏極緩和時間の温度依存性

大谷 優里花^{m*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 若林諒, 沖本直哉, 福留 美樹^m, 木村 容子^b, 高山 元^b, 泉川卓司, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 大坪隆, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, Aleksey Gladkov, 北川敦志, 佐藤眞二, 百田佐多生, 奥村寛之, 森口哲朗, 小沢顕

令和 2 年度京大複合研専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究 VII」(オンライン開催, 2021 年 1 月 15 日)

Sn 同位体の荷電変化断面積と荷電半径

福留 美樹^{m*}, 福田 光順^s, 三原 基嗣^s, 大谷 優里花^m, 木村 容子^b, 阪井 俊樹^b, 高山 元^b, 徳田 恵^b, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 田中聖臣, 鈴木健, 山口貴之, 原山朔弥, 泉川卓司, 森口哲朗, 百田佐多生, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

中性子 EDM 測定のための一様静磁場の開発 (11)

松多 健策^{s*}, 増田康博, 三原 基嗣^s, 吉田朋美

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

中性子 EDM 測定のための ^{129}Xe 核スピン磁力計の開発 XVI

三原 基嗣^{s*}, 増田康博, 松多 健策^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

^{19}O の偏極ビーム生成と固体燃料電池研究への応用

大谷 優里花^{m*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 若林諒, 沖本直哉, 福留 美樹^m, 木村

容子^b, 高山 元^b, 泉川卓司, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 大坪隆, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, Aleksey Gladkov, 北川敦志, 佐藤眞二, 百田佐多生, 奥村寛之, 森口哲朗, 小沢顕

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

Be 同位体の荷電半径と中性子分布半径 (優秀発表賞受賞) (ポスター)

高山 元^{b*}, 福田 光順^s, 三原 基嗣^s, 福留 美樹^m, 大谷 優里花^m, 木村 容子^b, 西村太樹, 高橋弘幸, 菅原奏来, 田中聖臣, 鈴木健, 山口貴之, 原山朔弥, 泉川卓司, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 森口哲朗, 百田佐多生, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

ハルバツハ配列磁石を用いた小型 β -NMR 装置の開発 (ポスター)

木村 容子^{b*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 大谷 優里花^m, 高山 元^b, 泉川卓司, 野口法秀, 生越瑞揮, 佐藤弥紗, 高津和哉, 大坪隆, 高橋弘幸, 百田佐多生, 奥村寛之, 森口哲朗, 小沢顕, 北川敦志, 佐藤眞二

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

重イオンビームによる断面積測定と核半径・密度分布・核変形

福田 光順^{s*}

招待講演, ELPH 研究会 C028 「電子散乱による原子核研究 - 原子核の電荷密度・陽子・中性子の分布と半径 -」, 2021年3月18日-3月19日

J-PARC E36 実験における静止 K^+ を用いた $K^+ \rightarrow e^+ \nu \gamma$ (SD) 崩壊の分岐比測定

清水俊^{s*} for the J-PARC E36 collaboration

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

Measurement of muon spin relaxation time in CeF_3

清水俊^{s*}

ミュオン科学と加速器研究 (online, 2021年1月27-28日, 参加人数約80名)

計画研究 D02 「極低温技術による宇宙素粒子研究の高感度化」成果報告

S. Yoshida^{s*}

新学術領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」2020年度オンライン領域研究会 (Online, 2020年6月2-4日, 参加者数約60名)

計画研究 D02 「極低温技術による宇宙素粒子研究の高感度化」報告

S. Yoshida^{s*}

「第七回極低放射能技術」研究会 (Online, 2021年3月24-25日, 参加者数約120名)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 -現状報告-

吉田齊^{s*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 – 新たな解析手法を用いたバックグラウンド除去 –

伊賀友輝^{m*}

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

CANDLES 実験における ^{232}Th 起因バックグラウンドの低減に向けた機械学習を用いた解析手法の改良 (ポスター)

阪井俊樹^{b*}

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

宇宙における元素合成とトリプル・アルファ反応

川畑 貴裕^s

生産と技術 第 72 巻 第 3 号 52-56 (2020 年 8 月), (<http://seisan.server-shared.com/72-3-pdf.html>)

[第 5 版] 物理学実験

杉山清寛, 福田 光順^s, 山中千博, 下田 正

大阪大学出版会, 2021 年 3 月 31 日

1.3 山中（卓）グループ

令和二年度の研究活動概要

我々は J-PARC KOTO 実験と、ヨーロッパの CERN LHC ATLAS 実験に取り組んでいる。

J-PARC KOTO 実験

J-PARC KOTO 実験の目的は、中性の K 中間子の $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊を用いて、CP 対称性を破る新たな素粒子物理を探ることである。今年度は次のことを行なった。

- **2016-2018 年に収集したデータの解析:** 2016-2018 年に収集したデータ解析では、信号領域内の背景事象数を (0.05 ± 0.02) と予測していたのに対し、3 事象を観測した。その後、観測した事象の詳細、背景事象の見積もりなどについて調べた結果、新たに次の 2 種類の背景事象があることがわかり、それらの量を測定した。
 - 中性 K_L のビーム中にわずかに混在する荷電 K^+ が $\pi^0 e^+ \nu$ に崩壊し、 e^+ が上流に飛んで観測されない背景事象。2020 年には特殊な条件でデータを収集し、 K^+ が K_L の 2.6×10^{-5} 倍混在していることを明らかにした。それを元に、この背景事象数を 0.87 事象と見積もった [清水]。
 - 上流のビームラインで外に向けて散乱された K_L が 2γ に崩壊し、それを $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ と見誤ることによる背景事象。 $K_L \rightarrow 3\pi^0$ 崩壊の事象を解析して散乱された K_L の量を測定し、それを元に、この背景事象数を 0.26 と見積もった [乃一]。

これらの結果を元に、背景事象数を 1.22 ± 0.26 と見積もり、 $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の崩壊分岐比に対して $< 4.6 \times 10^{-9}$ (90% CL) という上限値を与えた。この結果をまとめて投稿した論文は、Physical Review Letters に掲載され、Editor's Choice に選ばれた [篠原、南條、山中、Nunes、他]。

- **背景事象の削減:**

散乱 $K_L \rightarrow 2\gamma$ の背景事象に対しては、これを 2016-2018 年のデータ解析より約 1/25 倍に削減する解析手法を開発した。上記の見積もりと合わせた修士論文は、J-PARC HUA の修士論文賞を受賞した [乃一]。

荷電 K^+ による背景事象に対しては、ビーム中の荷電粒子を検出するために、2019 年度に制作した試験機より薄く (0.5 mm)、大きな検出器 (図 1.13) を作成し、東北大学の電子ビームで性能試験を行い、J-PARC のビームラインに設置した [清水、小寺、南條、Nunes、白石、加藤、花井、山中]。

- **その他:** $K_L \rightarrow \pi^0 \gamma$ の崩壊分岐比に対して初めて上限値を与えた論文 [清水] や、電磁カロリメータやガンマ線と中性子の波形識別の論文 2 編を発表した。2021 年 2 月からデータ収集を始めている。

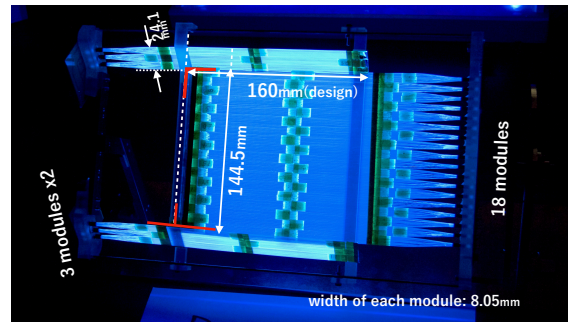


図 1.13: ビーム中の荷電粒子を検出するために、0.5 mm 角のシンチレーションファイバーを並べて作った測定器。

CERN ATLAS 実験

LHC ATLAS 実験の目的は、エネルギーフロンティアでの素粒子物理標準模型を越える物理の探索と、発見された Higgs 粒子の性質解明である。2020 年度はデータ取得はなく、以前 4 年間の Run2 期間のまとめと、2022 年からの Run3 への準備を行っている。また、2027 年からのビーム輝度を上げた High Luminosity LHC(HL-LHC) に向けて、ATLAS 検出器のアップグレードの準備も進めている。

物理データ解析: Higgs 粒子の光子とダークフォトン (標準理論の相互作用がない粒子) への崩壊を探索している。スピンの 2 の粒子の寄与を検討した。[南條]

現行 ATLAS 実験のシリコンストリップ検出器の運用: 昨年度に引き続き Run2 期間の性能を論文に纏めている。Run3 に向けて検出器の健全性監視ツールを開発している。ウェブから、データベースにアクセスし、検出効率の時間依存性のグラフを作成、表示するシステムを構築した。[岩田、廣瀬、南條]

HL-LHC に向けた開発: HL-LHC でのピクセル型シリコン飛跡検出器は、高輝度ビームに伴う荷電粒子の飛跡密度増加に対し、ピクセルサイズを細かく ($50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$) する。この読み出し回路 (ASIC) は、同サイズのピクセル単位で、信号電荷の増幅、閾値によるヒット判定を行う。これを ASIC 内でまとめてデジタル信号を出力する ($1.28\text{Gbps} \times 4$ 本)。日本では、センサ・ASIC をフレキシブル基板上に組み上げ、モジュールを約 2000 個量産する (全体の 20%)。以下の量産時試験システムを整備し、各国に先駆けて、新しいピクセル検出器の製造を行い、品質保証試験も行った。廣瀬は各国の量産システム開発の統括もしている。

- **試験読み出し用の回路基板:** センサと ASIC に駆動電圧を供給する基板と、ASIC からの出力データの中継する基板を開発した (図 1.14)。特にデータの中継する基板は 1.28Gbps の信号に対応し、実際の ASIC の読み出しにも成功した。ATLAS 実験での標準品として、これらの基板を海外の研究機関へも供給した。[Lakmin, 廣瀬, 南條]
- **データ収集統合ツール:** 品質試験の際、ASIC の動作パラメータを管理し、ASIC からデータを読み出し、結果をデータベースに格納する。同時に、印加電圧や、温度や湿度などもモニタし、データベースに格納する。これらを統合するソフトウェアを開発した。海外の研究機関向けのサポートも行っている。[Mario, 廣瀬, 南條]

- 評価結果入力ツールの開発: 上記以外にも、接着の状況、モジュールの重さなど、10種類の量産情報をデータベースに入力する。この手順を整理し、各国の量産でも用いるGUIによる情報入力ツールを開発した。[大西, 廣瀬, 南條]
- X線試験システム: X線によるセンサのヒット情報を読み出すことで、健全性を保障する。この為のX線照射及び遮蔽システムを設計、開発した。予定通りの遮蔽を確認し、効率的にセンサの品質保障試験ができるようになった(図 1.15)。[南條, 小島, 廣瀬]

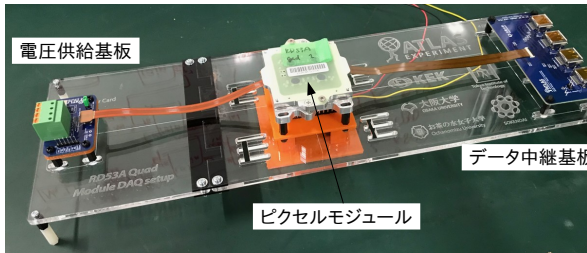


図 1.14: 開発した基板とモジュール

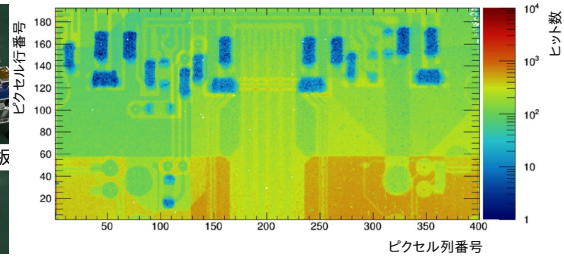


図 1.15: X線によるヒット数分布

学術雑誌に出版された論文

First search for $K_L \rightarrow \pi^0 \gamma$

N. Shimizu^{PD}, J. K. Ahn, B. Beckford, M. Campbell, S. H. Chen, J. M. Choi, J. Comfort, K. Dona, M. S. Farrington, N. Hara^m, H. Haraguchi^m, Y. B. Hsiung, M. Hutcheson, T. Inagaki, M. Ioe^m, I. Kamiji, E. J. Kim, J. L. Kim, H. M. Kim, T. K. Komatsubara, K. Kotera^s, J.W. Lee^d, G. Y. Lim, C. Lin, Q. S. Lin, Y. Luo, T. Mari^m, T. Matsumura, D. Mcfarland, N. A. McNeal, K. Miyazaki^m, R. Murayama^d, K. Nakagiri, H. Nanjo^s, H. Nishimiya^m, Y. Noichi^m, T. Nomura, Taylor Cassidy Nunes^m, M. Ohsugi^m, H. Okuno, J. C. Redeker, K. Sato^s, T. Sato, Y. Sato^m, T. Shimogawa, T. Shinkawa, S. Shinohara^s, K. Shiomi, R. Shiraishi^m, S. Su, Y. Sugiyama^d, S. Suzuki, Y. Tajima, M. Taylor, M. Tecchio, M. Togawa^s, T. Toyoda^m, Y. C. Tung, Vuong Quynh Huong^m, Y. W. Wah, H. Watanabe, T. Yamanaka^s, H. Y. Yoshida

Physical Review D **102** (No. 5, Sept.) (2020) 051103-1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevd.102.051103>).

CsI calorimeter for the J-PARC KOTO experiment

K. Sato^s, J.W. Lee^d, S. Banno^m, M. Campbell, J. Comfort, T. Furukawa, E. Iwai^s, N. Kawasaki, T.K. Komatsubara, G.Y. Lim, Y. Maeda, T. Masuda, T. Matsumura, D. Mcfarland, R. Murayama^d, D. Naito, Y. Nakaya^m, H. Nanjo^s, T. Nomura, Y. Odani, T. Ota, Y. D. Ri^s, M. Sasaki, N. Sasao, S. Seki, T. Shimogawa, T. Shinkawa, K. Shiomi, Y. Sugiyama^d, S. Suzuki, Y. Tajima, M. Tecchio, M. Togawa^s, T. Yamanaka^s, Y. Yanagida^m, H. Yokota, H. Yoshimoto^m, Y.W. Wah, H. Watanabe, J. Xu

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **982** (Dec.) (2020) 164527-1–16
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2020.164527>).

Pulse shape discrimination of photons and neutrons in the energy range of 0.1 – 2 GeV with the KOTO un-doped CsI calorimeter

Y. Sugiyama^d, J.K. Ahn, S. Banno^m, B. Beckford, M. Campbell, S.H. Chen, J. Comfort, Y.T. Duh, T. Hineno, Y.B. Hsiung, M. Hutcheson, E. Iwai^s, I. Kamiji, N. Kawasaki, E.J. Kim, J.L. Kim, Y.J. Kim, J.W. Ko, T.K. Komatsubara, A.S. Kurilin, J.W. Lee^d, S.K. Lee, G.Y. Lim, C. Lin, Q. Lin, Y. Luo, J. Ma, Y. Maeda, T. Masuda, T. Matsumura, D. Mcfarland, R. Murayama^d, D. Naito, K. Nakagiri, Y. Nakaya^m, H. Nanjo^s, T. Nomura, Y. Odani, J.C. Redeker, Y. D. Ri^s, N. Sasao, K. Sato^s, S. Seki, T. Shimagawa, T. Shinkawa, S. Shinohara^s, K. Shiomi, S. Su, S. Suzuki, Y. Tajima, G. Takahashi, Y. Takashima^m, M. Tecchio, M. Togawa^s, Y.C. Tung, Y.W. Wah, H. Watanabe, N. Whalton, J.K. Woo, J. Xu, T. Yamanaka^s, Y. Yanagida^m, H.Y. Yoshida, H. Yoshimoto^m

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **987** (Jan.) (2021) 164825-1–10
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2020.164825>).

Study of the $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Decay at the J-PARC KOTO Experiment

J. K. Ahn, B. Beckford, M. Campbell, S. H. Chen, J. Comfort, K. Dona, M. S. Farrington, K. Hanai, N. Hara^m, H. Haraguchi^m, Y. B. Hsiung, M. Hutcheson, T. Inagaki, M. Isoe^m, I. Kamiji, T. Kato, E. J. Kim, J. L. Kim, H. M. Kim, T. K. Komatsubara, K. Kotera^s, S. K. Lee, J.W. Lee^d, G. Y. Lim, Q. S. Lin, C. Lin, Y. Luo, T. Mari^m, T. Masuda, T. Matsumura, D. Mcfarland, N. McNeal, K. Miyazaki^m, R. Murayama^d, K. Nakagiri, H. Nanjo^s, H. Nishimiya^m, Y. Noichi^m, T. Nomura, Taylor Cassidy Nunes^m, M. Ohsugi^m, H. Okuno, J. C. Redeker, J. Sanchez, M. Sasaki, N. Sasao, T. Sato, K. Sato^s, Y. Sato^m, N. Shimizu^{PD}, T. Shimogawa, T. Shinkawa, S. Shinohara^s, K. Shiomi, R. Shiraishi^m, S. Su, Y. Sugiyama^d, S. Suzuki, Y. Tajima, M. Taylor, M. Tecchio, M. Togawa^s, T. Toyoda^m, Y.-C. Tung, Vuong Quynh Huong^m, Y. W. Wah, H. Watanabe, T. Yamanaka^s, H. Y. Yoshida, L. Zaidenberg

Physical Review Letters **126** (No. 12, Mar.) (2021) 121801-1–7
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevlett.126.121801>).

ATLAS data quality operations and performance for 2015-2018 data-taking

The ATLAS Collaboration, M. Hirose^s, H. Nanjo^s

JINST **15** (Apr.) (2020) P04003-1–43

<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/15/04/P04003>).

Test of CP invariance in vector-boson fusion production of the Higgs boson

in the $H \rightarrow \tau\tau$ channel in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector

The ATLAS Collaboration, M. Hirose^s, H. Nanjo^s

Phys. Lett. B **805** (June) (2020) 135426-1-44

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2020.135426>).

Alignment of the ATLAS Inner Detector in Run-2

The ATLAS Collaboration, M. Hirose^s, H. Nanjo^s

Eur. Phys. J. C **80** (Dec.) (2020) 1194-1-41

(<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-020-08700-6>).

Measurements of WH and ZH production in the $H \rightarrow b\bar{b}$ decay channel in pp collisions at 13 TeV with the ATLAS detector

The ATLAS Collaboration, M. Hirose^s, H. Nanjo^s

Eur. Phys. J. C **81** (Feb.) (2021) 178-1-41

(<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-020-08677-2>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

New Result from the J-PARC KOTO Experiment

T. Yamanaka^{s*}

DESY seminar (at online, Feb. 11, 2021)

Study of $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ decays at the J-PARC KOTO experiment

S. Shinohara^{s*}

FPWS2020 - Flavor Physics Workshop 2020 (at online, Nov. 24 - 27, 2020)

Construction and performance of 4-D CsI calorimeter for the $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ search of KOTO experiment

K. Kotera^{s*}

ICHEP2020 - 40th International Conference on High Energy Physics (at Prague, Czech Republic (online), July 28 - Aug. 06, 2020)

Search for New Physics via the $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ decay at the J-PARC KOTO experiment

N. Shimizu^{PD*}

ICHEP2020 - 40th International Conference on High Energy Physics (at Prague, Czech

Republic (online), July 28 - Aug. 06, 2020)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

J-PARC KOTO 実験 2016, 2017, 2018 年物理ランの解析状況

篠原智史^{s*}, 野村正, 塩見公志, 南條 創^s, 山中 卓^s, 清水信宏^{PD}, 林杰, Yu-Chen Tung, 他
KOTO Collaboration

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

J-PARC KOTO 実験におけるビームハロー $KL \rightarrow \gamma\gamma$ 背景事象数の評価

乃一雄也^{m*}, 小寺克茂^s, 塩見公志, 篠原智史^s, 清水信宏^{PD}, 白石諒太^m, 南條 創^s, 野村正,
山中 卓^s, GeiYoub Lim, Taylor Cassidy Nunes^m, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

KOTO ビームラインに含まれる荷電 K 中間子測定システムの開発とその性能

小寺克茂^{s*}, 篠原智史^s, 清水信宏^{PD}, 塩見公志, 白石諒太^m, 南條 創^s, 乃一雄也^m, 野村正,
山中 卓^s, GeiYoub Lim, Taylor Cassidy Nunes^m, 他, KOTO collaboration

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

KOTO ビームラインに含まれる荷電 K 中間子のフラックス測定

清水信宏^{PD*}, 小寺克茂^s, 篠原智史^s, 塩見公志, 白石諒太^m, 田島靖久, 南條 創^s, 乃一雄也^m,
野村正, 山中 卓^s, GeiYoub Lim, Taylor Cassidy Nunes^m, 他, KOTO collaboration

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

J-PARC KOTO 実験における鉄壁設置による偶発的信号損失への影響

白石諒太^{m*}, 小寺克茂^s, 塩見公志, 篠原智史^s, 清水信宏^{PD}, 南條 創^s, 乃一雄也^m, 野村正,
山中 卓^s, 渡邊丈晃, GeiYoub Lim, Taylor Cassidy Nunes^m, 他 KOTO collaboration

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

Analysis of Waveforms in the KOTO Experiment at J-PARC

Taylor Cassidy Nunes^{m*}, K. Kotera^s, H. Nanjo^s, Y. Noichi^m, T. Nomura, N. Shimizu^{PD},
S. Shinohara^s, K. Shiomi, R. Shiraishi^m, T. Yamanaka^s, KOTO Collaboration

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

(一般シンポジウム講演) KOTO 実験における $K_L \rightarrow \pi^0 \nu\bar{\nu}$ 崩壊を用いた新物理探索 (一般シンポジウム フレーバー物理の手法で切り拓く新しい素粒子物理の現状と展望) (invited)

南條 創^{s*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

HL-LHC ATLAS 実験ピクセル検出器量産時における機械的品質試験等のためのデータベース登録システムの開発

大西裕二^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 陣内修, 生出秀行, 調翔平, 金恩寵, 奥山広貴, 花垣和則 外川学, 池上陽一, 中村浩二, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

高輝度 LHC で用いる ATLAS ピクセル検出器の量産時の試験に使う読み出しシステムの性能評価

Lakmin Wickremasinghe^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 陣内修, 生出秀行, 池亀遥南, 松崎貴由, 釣希夢, 花垣和則, 外川学, 池上陽一, 中村浩二, Timon Heim, Aleksandra Dimitrievska, その他 ATLAS シリコングループ

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

KOTO 実験における荷電 K 中間子を削減するための低物質質量ビーム中荷電粒子検出器の開発

小寺克茂^{s*}, 加藤大志^m, 塩見公志, 篠原智史^s, 清水信宏^{PD}, 白石諒太^m, 田島靖久, 南條創^s, 乃一雄也^m, 野村正, 花井幸太^m, 山中 卓^s, 渡邊丈晃, Gei Youb Lim, Taylor Cassidy Nunes^m, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

J-PARC KOTO 実験における低物質質量ビーム中荷電粒子検出器に用いるシンチレーションファイバーの基礎性能評価

加藤大志^{m*}, Taylor Cassidy Nunes^m, 花井幸太^m, 清水信宏^{PD}, 小寺克茂^s, 南條 創^s, 山中 卓^s, 塩見公志, 田島靖久, 野村正, 渡邊丈晃, 篠原智史^s, 乃一雄也^m, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

J-PARC KOTO 実験における低物質質量ビーム中荷電粒子検出器内のすきまによる不感率の測定

花井幸太^{m*}, 加藤大志^m, 小寺克茂^s, 清水信宏^{PD}, 白石諒太^m, 塩見公志, 篠原智史^s, 南條創^s, 乃一雄也^m, 野村正, 山中 卓^s, 渡邊丈晃, Gei Youb Lim, Taylor Cassidy Nunes^m, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

J-PARC KOTO 実験 2016, 2017, 2018 年物理ランの解析結果

篠原智史^{s*}, 野村正, 塩見公志, 南條 創^s, 山中 卓^s, 清水信宏^{PD}, 林杰, Yu-Chen Tung, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

Development and Performance Evaluation of a Low Mass In-Beam Charged Particle Detector for the KOTO experiment at JPARC

Taylor Cassidy Nunes^{m*}, K. Hanai^m, T. Kato^m, K. Kotera^s, H. Nanjo^s, Y. Noichi^m, T. Nomura, N. Shimizu^{PD}, S. Shinohara^s, K. Shiomi, R. Shiraishi^m, Y. Tajima, T. Yamanaka^s, H. Watanabe, KOTO Collaboration

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

LHC-ATLAS 実験シリコンストリップ検出器の性能モニタツールの開発

岩田和志^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 音野瑛俊, 廣瀬茂輝, 山内大輝, 他アトラス SCT グループ
日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

HL-LHC ATLAS 実験新型ピクセル検出器量産時の品質試験等の試験結果データベース登録システムの試験運用

大西裕二^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, 陣内修 生出秀行, 調翔平, 金恩寵, 奥山広貴, 木下怜士, 花垣和則, 外川学, 池上陽一, 中村浩二, 他 ATLAS 日本シリコングループ

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

Studies on DAQ related testing procedure with the first prototype ATLAS pixel modules for the HL-LHC

Lakmin Wickremasinghe^{m*}, 南條 創^s, 廣瀬穰^s, M. Gonzalez^m, 陣内修, 生出秀行, 池亀遥南, 釣希夢, 緑川晋平, 藤井翔也, 花垣和則, 外川学, 池上陽一, 中村浩二, Timon Heim, Aleksandra Dimitrievska, その他 ATLAS シリコングループ

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

J-PARC KOTO 実験におけるハロー $K_L \rightarrow 2\gamma$ 背景事象数の評価と削減方法の研究

乃一雄也^{m*}

FPWS2020 - Flavor Physics Workshop 2020 (online, Nov. 24 - 27, 2020, 約 190 名)

K 中間子の稀な崩壊を用いる新物理探索の現状と展望

南條 創^{s*}

神戸大学 (2020 年 11 月 18 日、約 60 名)

1.4 工藤グループ

令和二年度の研究活動概要

(1) 秩序型ラーベス相構造を利用した超伝導体の開発

一般式 AB_2 で表されるラーベス相は様々な結晶構造を示し、物質開発の魅力的な舞台を与えてくれる。代表的な結晶構造である六方晶 $MgZn_2$ 型 ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194)、立方晶 $MgCu_2$ 型 ($Fd\bar{3}m$, O_h^7 , No. 227)、六方晶 $MgNi_2$ 型 ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194) を元にして、様々なラーベス相構造を考えることができる。私たちは、三元系のラーベス相に出現する秩序型構造に着目した。例えば、遷移金属 TM と典型元素 X が $MgZn_2$ 型の B サイトを $TM_{3/4}X_{1/4}$ のように秩序占有すると、 TM のブリージングカゴメネットワークと X の三角形ネットワークができる。カゴメ、および、三角形ネットワークに対するカイラル d 波超伝導や f 波超伝導などの理論予測を踏まえると、この秩序型構造は大変興味深い。私たちは、前年度までに、秩序型ラーベス相化合物 Li_2IrSi_3 ($P31c$, C_{3v}^4 , No. 159)、 Mg_2Ir_3Si ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194) を報告している。 Li_2IrSi_3 では、 Ir と Si が B サイトを $Ir_{1/4}Si_{3/4}$ のように秩序占有し、それぞれ、三角形ネットワークとブリージングカゴメネットワークを形成している。一方、 Mg_2Ir_3Si では、 B サイトが $Ir_{3/4}Si_{1/4}$ のように秩序占有され、 Ir のブリージングカゴメネットワークと Si の三角形ネットワークができている。両者とも超伝導を示し、転移温度 T_c は、それぞれ、3.8 K、7 K であった。

私たちは、令和二年度、部分秩序型のラーベス相化合物 $Mg_2Ir_{2.3}Ge_{1.7}$ を報告した。この化合物も超伝導を示し、 T_c は 5.3 K であった。理論的に予測されている超伝導状態を実証するためには、様々な実験を行って多面的・多角的に検討する必要があるが、有効なアプローチの1つは不純物ドーピングによる乱れの効果を調べることであろう。新たに発見した部分秩序型 $Mg_2Ir_{2.3}Ge_{1.7}$ の特徴は、まさにその目的に合致している。なぜなら、この化合物では、三角形ネットワークのサイトが全て Ge で占められている一方で、カゴメネットワークを形成する Ir の約4分の1が Ge に置き換わっているからである。 $Mg_2(Ir_{0.76}Ge_{0.24})_3Ge$ と書くと、そのことを理解しやすい。電気抵抗測定の結果、 $Mg_2Ir_{2.3}Ge_{1.7}$ の残留抵抗比は Mg_2Ir_3Si よりも小さいことが分かった。 Ge がドーピングされた Ir カゴメネットワークは、ドーピングされていないものよりも確かに乱れている。今後、さらなる物質開発を進めながら、上記ラーベス相化合物の超伝導物性を詳細に調べるつもりである。

(2) $BaFe_2As_2$ における Mn 置換によるネマティックラマン応答の抑制

鉄系超伝導体の母物質の1つ $BaFe_2As_2$ では、143 K より低温において直方晶-ストライプ反強磁性相が出現する。この低温相では電荷ネマティック秩序が出現し、電気抵抗率などに面内異方性が生じる。 $BaFe_2As_2$ の Fe サイトを、 d 電子数が1つ多い Co で置換すると、ネマティック秩序を伴う直方晶-ストライプ反強磁性相が抑制され、その量子臨界点近傍で超伝導が出現する。一方、 Fe サイトに d 電子数が1つ少ない Mn を置換していくと、約10%の置換によりストライプ反強磁性から G 型反強磁性相への相転移が生じ、更に置換を進めると、系はモット絶縁体状態へと至る。本研究では、 $BaFe_2As_2$ への Mn 置換に伴う電荷ネマティック相と、完全に電子が局在するモット絶縁体相の間の臨界領域における電荷ネマ

ティック秩序の不安定化を、電子ラマン散乱分光の手法により解明した。電子ラマン散乱分光の B_{1g} モードの低エネルギー領域には、直方晶-ストライプ反強磁性相転移温度 (T_N) 以上で、電荷ネマティックゆらぎが観測されることが知られている。

10%以下の Mn 置換を行った単結晶試料では、 T_N まで温度を下げるとともに、 B_{1g} モードの低エネルギースペクトル強度が増大することが判明した。これは母物質 $BaFe_2As_2$ と同様に、 T_N 直上で電荷ネマティックゆらぎが最も増大することを示している。一方で、10%以上の Mn 置換領域 (G 型反強磁性相) では、低温の電荷ネマティック秩序の消失と共に、 T_N より高温の電子ラマン応答の増大も消失する。

低温で直方晶-ストライプ反強磁性相を有する 10%以下の Mn 置換領域では、ネマティックラマン応答強度の温度依存性はキュリーワイス則に従い、そのキュリー温度が電荷ネマティック相転移温度 T_0 とみなせることが知られている。 $BaFe_2As_2$ では $T_0 = 105$ K であるが、G 型反強磁性相との相境界近傍の 10%の Mn 置換試料では、 $T_N = 72$ K に対し $T_0 \sim 0$ K となっており、相境界近傍に向けて T_N よりも T_0 が激しく抑制されている。この結果は、G 型反強磁性相に向けての磁気秩序と電荷ネマティック秩序の不安定化の振る舞いが異なることを示しており、電荷ネマティック秩序が系のスピン秩序よりも、軌道秩序と強く関連していることを示唆している。

(3) FeSe の電荷ダイナミクスにおける面内歪みの効果

歪みの印加による結晶構造パラメータの変化は、バンド構造を変調させ、物性に影響を及ぼす。鉄系超伝導体 FeSe は非常に小さいフェルミエネルギーを有することが特徴的な物質であり、歪みに対して大きな物性の変化が期待される。実際、様々な基板上に作製した FeSe 薄膜では、基板の種類に応じて異なる大きさの面内歪みが加わることにより、超伝導転移温度が変化する。伸長方向の面内歪みの印加は、低温の直方晶相において、フェルミ面のトポロジーが変化するリフシツツ転移を引き起こすため、超伝導転移温度以外にも物性の変化が期待されるが、これまでに報告された例はない。

本研究では、 CaF_2 、 $LaAlO_3$ 、 $SrTiO_3$ 基板上的 FeSe 薄膜に対して光学スペクトル測定を行い、電荷ダイナミクスにおける面内歪みの効果を調べた。 CaF_2 基板では圧縮歪み、 $LaAlO_3$ と $SrTiO_3$ 基板では伸長歪みが FeSe に印加される。 $LaAlO_3$ 、 $SrTiO_3$ 基板上的 FeSe 薄膜では、構造相転移点以下の温度領域で振動子強度が高エネルギー領域へと移動する振る舞いが観測された。この振る舞いは、圧縮歪みが加わっている CaF_2 基板の試料では見られなかったため、リフシツツ転移が起源であると考えられる。リフシツツ転移に伴い新たに現れるバンド間遷移によって、振動子強度の移動が生じていると理解できる。また、FeSe の光学フォノンモードは構造相転移点以下で非対称的になることが明らかになった。このことは、フォノンモードが現れるような低エネルギー領域に電子励起が存在していることを示唆している。本研究の結果は、直方晶相ではディラックコーン的なバンド分散がフェルミ準位近傍に現れることと整合している。

学術雑誌に出版された論文

Superconducting-Gap Anisotropy of Iron Pnictides Investigated via Combinatorial Microwave Measurements

T. Okada, Y. Imai, K. Kitagawa, K. Matsubayashi, M. Nakajima^s, A. Iyo, Y. Uwatoko, H. Eisaki, and A. Maeda

Sci. Rep. **10** (Apr.) (2020) 7064 1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41598-020-63304-0>).

Superconductivity of the Partially Ordered Laves Phase $\text{Mg}_2\text{Ir}_{2.3}\text{Ge}_{1.7}$

K. Kudo^s, T. Honda, H. Hiiragi, H. Ota, and M. Nohara

J. Phys. Soc. Jpn. **89** (No. 12, Dec.) (2020) 123701 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.89.123701>).

国際会議における講演等

Development of New Superconductors with Ordered Laves Phase Structures

K. Kudo^{s*} (invited)

The 33rd International Symposium on Superconductivity (ISS2020) (at AIST, Tsukuba, Ibaraki, Japan and Online, Dec. 1-3, 2020, 参加者数約 460 名)

Controlling Physical Properties of FeSe Single Crystals via Biaxial Strain

M. Nakajima^{s*}, Y. Ohata^m, and S. Tajimaⁱ

The 33rd International Symposium on Superconductivity (ISS2020) (at AIST, Tsukuba, Ibaraki, Japan and Online, Dec. 1-3, 2020, 参加者数約 460 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

秩序型ラーベス相化合物における新規超伝導体の開発 (シンポジウム講演)

工藤 一貴^{s*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

二軸歪み印加による FeSe 単結晶の物性制御

中島 正道^{s*}, 大畑 祐貴^m, 田島 節子ⁱ

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

$\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の弾性抵抗率測定 II

中島 正道^{s*}, 田島 節子ⁱ

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

二軸歪みを用いた FeSe 単結晶の物性制御 (依頼講演)

中島 正道^{s*}

新学術領域研究「量子液晶の物性科学」量子物質開発フォーラム (於 オンライン、2020 年 10 月 1 日 - 10 月 2 日)

Type II ディラック電子系 NiTe₂ の Pd 置換によるバンド制御 (ポスター)

吉野 健太郎^{m*}, Z.H. Tin^d, 片山 和郷^m, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子ⁱ, 出田 真一郎, 田中 清尚
UVSOR シンポジウム 2020 (於 オンライン、2020 年 10 月 26 日)

鉄系超伝導体 Ba_{1-x}K_xFe₂As₂ における弾性抵抗率測定

中島 正道^{s*}, 田島 節子ⁱ

第 14 回物性科学領域横断研究会 (於 オンライン、2020 年 12 月 4 日 - 12 月 5 日)

Development of Superconductors with Ordered Laves Phase Structures

K. Kudo^{s*}, T. Honda, H. Hிரagi, H. Ohta, and M. Nohara

令和 2 年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (於 オンライン、2020 年 12 月 21 日 - 12 月 25 日)

FeSe の電荷ダイナミクスにおける面内歪みの効果 -バンド構造制御とリフシツツ転移-

中島 正道^{s*}

高温超伝導フォーラム第 8 回会合 (於 オンライン、2021 年 3 月 11 日)

ディラック電子系 NiTe₂ の Pd 置換によるバンド制御

吉野 健太郎^{m*}, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子ⁱ, 出田 真一郎, 田中 清尚

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

ラマン散乱分光による Ba(Fe_{1-x}Mn_x)₂As₂ の電荷ネマティック揺らぎの Mn 置換量依存性

山本 俊樹^{m*}, 小林 達也^d, 足立 徹^d, 中島 正道^s, 宮坂 茂樹^s, 田島 節子ⁱ

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

Bi2223 における光学反射率測定 (ポスター)

伊藤 優汰^{m*}, 水溜 勝也^m, 中島 正道^s, 宮坂 茂樹^s, 佐々木 菜絵, 山口 隼平, 渡辺 孝夫, 田島 節子ⁱ

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

NiTe₂ におけるドハースファンアルフェン効果

吉野 健太郎^{m*}, 宮坂 茂樹^s, 木田 孝則^s, 萩原 政幸^s, 出田 真一郎, 田中 清尚

先端強磁場科学研究センター年次報告会 (於 大阪大学、2021年3月17日)

1.5 小林グループ

令和二年度の研究活動概要

ナノメートルスケールの微小な伝導体（金属、半導体、超伝導体、磁性体など）では、バルクには現れない効果が発現することが知られている。このような微小伝導体の研究は、近年のナノテクノロジーの進展によって初めて可能になったものであり、量子力学的効果の検証、スピントロニクスや量子コンピュータへの応用など、幅広い分野にわたって研究が行われている。その最大の特長は、電子及びスピン状態を人工的に制御できる点にある。

近年、当該分野に大きなブレイクスルーがあった。それがグラフェンの発見である。これを契機に、2次元性の強い物質を機械的に剥離して、結晶性のよい原子層薄膜を簡便に作製できるようになった。さらに、このような原子層薄膜を人工的に組み合わせることで、天然結晶では実現しない物性が発現することが報告され、現在世界中で研究が進んでいる。

本グループでは、2次元性の強い超伝導体や磁性体などを微細化し、それらを人工的に組み合わせることで新現象の発見を目指すと同時に、新しい測定手法の開発を行っている。令和二年度、我々は主として以下のテーマに取り組んだ。

- a) スピン流を用いたスピン蜜領域の観測
- b) カイラル磁性体 CrNb_3S_6 薄膜におけるスピン輸送測定
- c) BiNi 超伝導薄膜を用いた量子干渉効果
- d) ファンデルワールス強磁性体を用いた原子層ヘテロ接合デバイスの作製と物性評価
- e) $\text{Fe}_3\text{GeTe}_2/\text{WTe}_2$ 接合におけるトポロジカルホール効果の観測
- f) エッチンググラフェンにおける弱局在効果の変調
- g) 表面弾性波照射により変調される超伝導 NbSe_2 薄膜の電気輸送特性
- h) ファンデルワールス反強磁性体におけるスピンドイナミクスの電氣的検出
- i) 表面弾性波による擬1次元電荷密度波の変調
- j) トポロジカル超伝導体 $\text{FeTe}_{0.6}\text{Se}_{0.4}$ 薄膜素子の輸送特性
- k) 磁性トポロジカル絶縁体 MnSb_2Te_4 薄膜における輸送特性

以下では、「a) スピン流を用いたスピン蜜領域の観測」について紹介する。

スピン流を用いたスピン蜜領域の観測

スピン流はスピン角運動量の流れであり、スピンと電荷、両方の自由度を扱うスピントロニクス研究で最も重要な物理量である。スピン軌道相互作用の強い物質で発現するスピンホール効果は、電流からスピン流、またはスピン流から電流への変換を可能にする代表的な現象である。最近の研究によると、強磁性体転移温度や反強磁性体転移温度近傍では、スピン流電流変換に異常が現れることが知られている。そこで本研究では、強磁性体と反強磁性体が複雑に入り混ざったフラストレート磁性体の典型であるスピングラスに焦点を当て、スピングラスにおけるスピン流電流変換現象を詳細に調べた。

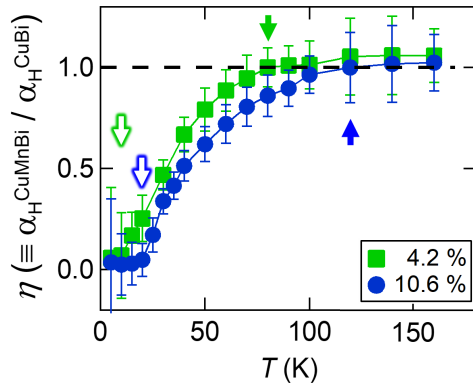


図 1.16: 規格化したスピン流電流変換効率 η ($\equiv \alpha_{\text{H}}^{\text{CuMnBi}} / \alpha_{\text{H}}^{\text{CuBi}}$) の温度依存性。白矢印、黒矢印はそれぞれ、 η が消失する温度 (T_f)、 η が減少し始める温度 (T^*) を表す。

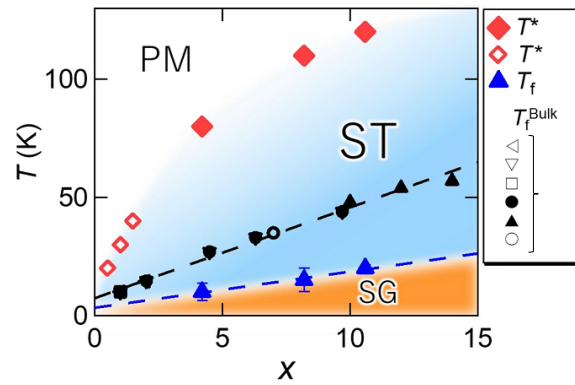


図 1.17: スピングラス (SG) 相と常磁性 (PM) 相の間に存在するスピン蜜領域 (ST) の Mn 濃度 x 依存性。 T_f は図 1.16 でスピンホール角が消失する温度、 T^* は図 1.16 でスピンホール角が減少し始める温度にそれぞれ対応する。

スピングラスは、磁性不純物が貴金属にランダムに分布した系で実現する。不純物の距離に応じて、強磁性体的もしくは反強磁性体的な基底状態をとるため、それらが複雑に入り混じった結果、磁化の温度依存性に特徴的なカusp構造が現れる。カuspの頂点の温度をスピン凍結温度 T_f と呼び、 T_f 以下では、磁化がランダムに凍結すると考えられている。このような状況で、スピン流を注入したときに、どのようなスピン流電流変換が起きるのか？そこで我々は、典型的なスピングラスである CuMn に、スピン流電流変換を誘起する Bi 元素を微量添加した CuMnBi 合金を準備し、さらにスピン流を注入するために、合金をサブマイクロメートルの細線状に加工して、スピン流電流変換測定を行った。

図 1.16 に Mn 濃度 x が 4.2% と 10.6% におけるスピン流電流変換効率 $\alpha_{\text{H}}^{\text{CuMnBi}}$ の温度依存性を示す。ただし縦軸は、Mn を含まない CuBi のスピン流電流変換効率 $\alpha_{\text{H}}^{\text{CuBi}}$ で規格化した値 η ($\equiv \alpha_{\text{H}}^{\text{CuMnBi}} / \alpha_{\text{H}}^{\text{CuBi}}$) を示している。通常バルクの磁化測定で決定されるスピン凍結温度 T_f^{Bulk} よりも数倍高い温度 T^* (黒矢印) から η が減少し始めた。さらに低温領域では、ある温度以下 (白矢印) で η は完全に消失している。これらの温度は、Mn 濃度 x を高くするに従って、低温側にシフトすることが分かった。

黒矢印と白矢印に対応する温度の Mn 濃度 x 依存性を図 1.17 に示す。白矢印に対応する温度は、 x に対してほぼ線形に変化することが分かった。これは T_f^{Bulk} と同じ傾向であるが、定量的には細線での温度の方が半分程度小さい。この温度の抑制は、スピン凍結温度のサイズ効果から説明できる。従って、スピン流電流変換信号 η が消失する温度こそが、サブマイクロメートルのスピングラス細線の T_f であると結論付けることができる。

またこれまでのスピングラスの磁化測定からは、スピングラス (Spin Glass: SG) 相と常磁性 (Para-Magnetic: PM) 相の境界しか定義することができず、SG 相より高温ではスピン間の相関があるにも関わらず、それを評価する方法がほとんどなかった。図 1.17 に示すように、本研究では、スピン流を用いて、磁化の僅かなゆらぎを高感度に検出することで、SG 相と PM 相の間に、Mn のスピン同士が互いに相関をもつ領域、「スピン蜜 (Spin Treacle:

ST)」領域が存在することを初めて実験的に明らかにした。さらに ST 領域は、 $x^{1/3}$ に近い振舞いをすることも本研究から明らかになった。

本研究は、通常の磁化測定では感度の問題で決定できない、微小スピングラスの T_f を初めて実験的に示しただけでなく、SG 相と PM 相の間に ST 領域が存在することを明らかにし、さらにスピン流が微小磁性体の磁気ゆらぎを高感度にプローブする手段として、幅広い物質に適用可能であることを示したものである。

学術雑誌に出版された論文

Generation of multippeak spectrum of spin torque oscillator in non-linear regime

S. Iwakiri^{DC}, S. Sugimoto, Y. Niimi^s, K. Kobayashi^s, Y. Kozuka, Y. K. Takahashi, and S. Kasai

Applied Physics Letters **117** (No. 2, Jul.) (2020) 022406/1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/5.0013102>).

Multiple modes of a single spin torque oscillator under the non-linear region

S. Sugimoto, S. Iwakiri^{DC}, Y. Kozuka, Y. K. Takahashi, Y. Niimi^s, K. Kobayashi^s, and S. Kasai

AIP Advances **10** (No. 7, Jul.) (2020) 075115/1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/5.0013105>).

Tunneling mechanism in a (Ga,Mn)As/GaAs-based spin Esaki diode investigated by bias-dependent shot noise measurements

T. Arakawa^s, J. Shiogai, M. Maeda^d, M. Ciorga, M. Utz, D. Schuh, Y. Niimi^s, M. Kohda, J. Nitta, D. Bougeard, D. Weiss, and K. Kobayashi^s

Physical Review B **102** (No. 4, Jul.) (2020) 045308/1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.102.045308>).

Etching process of narrow wire and application to tunable-barrier electron pump

S. Norimoto^s, S. Iwakiri^{DC}, M. Yokoi^{DC}, T. Arakawa^s, Y. Niimi^s, and K. Kobayashi^s

Review of Scientific Instruments **91** (No. 8, Aug.) (2020) 085110/1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/5.0011767>).

Quantum oscillations with magnetic hysteresis observed in CeTe₃ thin films

M. Watanabe^m, S.-H. Lee^d, T. Asano^m, T. Ibe^m, M. Tokuda^{DC}, H. Taniguchi^d, D. Ueta, Y. Okada, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^s

Applied Physics Letters **117** (No. 7, Aug.) (2020) 072403/1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/5.0007517>).

Negative resistance state in superconducting NbSe₂ induced by surface acoustic waves

M. Yokoi^{DC}, R. Fujiwara^m, T. Kawamura^m, T. Arakawa^s, K. Aoyama, H. Fukuyama, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^s

Science Advances **6** (No. 34, Aug.) (2020) eaba1377/1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1126/sciadv.aba1377>).

Spin treacle in a frustrated magnet observed with spin current

H. Taniguchi^d, M. Watanabe^m, T. Ibe^m, M. Tokuda^{DC}, T. Arakawa^s, T. Taniguchi, B. Gu, T. Ziman, S. Maekawa, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^s

Physical Review B **102** (No. 9, Sep.) (2020) 094405/1-7

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.102.094405>).

Field-induced SU(4) to SU(2) Kondo crossover in a half-filling nanotube dot: spectral and finite-temperature properties

Y. Teratani, R. Sakano, T. Hata^{DC}, T. Arakawa^s, M. Ferrierⁱ, K. Kobayashi^s, and A. Oguri

Physical Review B **102** (No. 16, Oct.) (2020) 165106/1-23

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.102.165106>).

Shubnikov-de-Haas oscillation and possible modification of effective mass in CeTe₃ thin films

M. Watanabe^m, R. Nakamura^m, S.-H. Lee^d, T. Asano^m, T. Ibe^m, M. Tokuda^{DC}, H. Taniguchi^d, D. Ueta, Y. Okada, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^s

AIP Advances **11** (No. 1, Jan.) (2021) 015005/1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/9.0000074>).

Large Zeeman splitting in out-of-plane magnetic field in a double-layer quantum point contact

D. Terasawa, S. Norimoto^s, T. Arakawa^s, M. Ferrierⁱ, A. Fukuda, K. Kobayashi^s, and Y. Hirayama

Journal of the Physical Society of Japan **90** (No. 2, Jan.) (2021) 024709/1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.90.024709>).

Cryogenic GaAs high-electron-mobility-transistor amplifier for current noise measurements

S.-H. Lee^d, M. Hashisaka, T. Akiho, K. Kobayashi^s, and K. Muraki

Review of Scientific Instruments **92** (No. 2, Jan.) (2021) 023910/1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/5.0036419>).

Butterfly-shaped magnetoresistance in van der Waals ferromagnet Fe_5GeTe_2
T. Ohta^m, M. Tokuda^{DC}, S. Iwakiri^{DC}, K. Sakai^m, B. Driesen, Y. Okada, K. Kobayashi^s,
and Y. Niimi^s
AIP Advances **11** (No. 2, Feb.) (2021) 025014/1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/9.0000067>).

Itinerant ferromagnetism mediated by giant spin polarization of the metallic ligand band in the van der Waals magnet Fe_5GeTe_2
K. Yamagami, Y. Fujisawa, B. Driesen, C. H. Hsu, K. Kawaguchi, H. Tanaka, T. Kondo,
Y. Zhang, H. Wadati, K. Araki, T. Takeda, Y. Takeda, T. Muro, F. C. Chuang, Y. Niimi^s,
K. Kuroda, M. Kobayashi, and Y. Okada
Physical Review B **103** (No. 6, Feb.) (2021) L060403/1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.103.L060403>).

国際会議報告等

国際会議における講演等

Non-equilibrium Fluctuations in Correlated Quantum Liquids

K. Kobayashi^{s*} (invited)

APW-RIKEN-Tsinghua-Kavli workshop on “Highlights on condensed matter physics”
(Online Zoom Meeting, September 2-4, 2020, 参加者数約 200 名)

Coexistence of Quantum Oscillation and Magnetic Hysteresis in CeTe_3 Thin Films

M. Watanabe^{m*}, S.-H. Lee^d, T. Asano^m, T. Ibe^m, M. Tokuda^{DC}, H. Taniguchi^d, D. Ueta,
Y. Okada, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^s

65th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM 2020) (Virtual
Conference, November 2-6, 2020, 参加者数約 2,000 名)

Enhancement of Coercive Field in van der Waals Ferromagnet Fe_5GeTe_2 (poster)

T. Ohta^{m*}, K. Sakai^m, H. Taniguchi^d, B. Driesen, Y. Okada, K. Kobayashi^s, and Y. Niimi^s
65th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM 2020) (Virtual
Conference, November 2-6, 2020, 参加者数約 2,000 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

ファンデルワールス強磁性金属 Fe_5GeTe_2 における垂直磁気異方性の評価

太田 智陽^{m*}、坂井 康介^m、谷口 祐紀^d、Benjamin Driesen、岡田 佳憲、小林 研介^s、新

見 康洋^s

Spin-RNJ 若手オンライン研究発表会（オンライン、2020年6月3日 - 4日）

ナノメートルの世界の物理

新見 康洋^{s*}

Active 理 昼食会（オンライン、2020年7月16日）

新奇ナノスケール物性の開拓とスピン流物理の学理の構築

新見 康洋^{s*}

物性研究所ワークショップ「ナノスケール物性科学の最先端と新展開」（オンライン、2020年7月21日 - 22日）

ファンデルワールス強磁性金属 Fe₅GeTe₂ における垂直磁気異方性の評価

太田 智陽^{m*}、坂井 康介^m、谷口 祐紀^d、Benjamin Driesen、岡田 佳憲、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 2020年秋季大会（物性）（於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日）

カイラル磁性体 CrNb₃S₆ 薄膜における逆スピンホール効果の観測

佐々木 壱晟^{m*}、太田 智陽^m、川原 遼馬、谷口 祐紀^d、荒川 智紀^s、乾 皓人、島本 雄介、高阪 勇輔、戸川 欣彦、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 2020年秋季大会（物性）（於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日）

磁気トンネル接合における非線形輸送

岩切 秀一^{DC*}、杉本 聡志、大湊 友也、加藤 岳生、松尾 衛、新見 康洋^s、葛西 伸哉、小林 研介^s

日本物理学会 2020年秋季大会（物性）（於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日）

寄生容量を考慮した電子回路モデルによるノイズ測定用低温 HEMT 増幅器の評価

S.-H. Lee^{d*}、橋坂 昌幸、秋保 貴史、小林 研介^s、村木 康二

日本物理学会 2020年秋季大会（物性）（於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日）

円偏波空洞共振器を用いた動的伝導度測定による量子ホール効果の研究

荒川 智紀^{s*}、新見 康洋^s

日本物理学会 2020年秋季大会（物性）（於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日）

NbSe₃ 薄膜における電荷密度波スライディング特性

藤原 浩司^{m*}、岩切 秀一^{DC}、横井 雅彦^{DC}、渡邊 杜^m、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 2020年秋季大会（物性）（於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日）

エッチンググラフェンにおける弱局在効果の増幅

花田 尚輝^{m*}、岩切 秀一^{DC}、浅野 拓也^m、松井 朋裕、福山 寛、小林 研介^s、新見 康洋^s
日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

Bi/Ni 超伝導薄膜のパラ伝導度の解析 (ポスター)

徳田 将志^{DC*}、中尾 舞^m、岩切 秀一^{DC}、Yue Di、Jin Xiao-Feng、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

Bi/Ni 超伝導薄膜の上部臨界磁場の解析 (ポスター)

中尾 舞^{m*}、徳田 将志^{DC}、Yue Di、Jin Xiao-Feng、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

Strongly Correlated Quantum Liquids Probed by Non-equilibrium Fluctuations

K. Kobayashi^{s*}

RIKEN CEMS Colloquium (理化学研究所 創発物性科学研究センター、2020 年 9 月 23 日)

Switching of the phase of supercurrent in a chiral superconductor Bi/Ni ring

新見 康洋^{s*}

名古屋大学・大学院工学研究科・応用物理学専攻・量子物理工学講座・物性基礎工学研究グループ・セミナー (オンライン、2020 年 9 月 29 日)

メゾスコピック系における非平衡ゆらぎ

小林 研介^{s*}

日本物理学会北海道支部講演会 (北海道大学、2020 年 11 月 10 日)

原子層ナノデバイス

新見 康洋^{s*}

第 25 回半導体におけるスピン工学の基礎と応用 (オンライン、2020 年 11 月 17 日 - 19 日)

Non-linear Electron Transport Mediated by Electron-Magnon Interactions in Magnetic Tunnel Junction

S. Iwakiri^{DC}, S. Sugimoto, Y. Niimi^s, Y. Kozuka, Y. K. Takahashi, S. Kasai, and K. Kobayashi^{s*}

新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (オンライン、2020 年 12 月 21 日 - 25 日)

スピン流を用いた微小磁性体における磁気ゆらぎの検出

新見 康洋^{s*}

第 10 回酸化物研究の新機軸に向けた学際討論会 (オンライン、2021 年 3 月 2 日)

新しい原子層磁性体の開拓とそのスピン物性新見 康洋^{s*}

第68回化合物新磁性材料専門研究会「低次元カルコゲナイドの新機能・物性・デバイス研究」(オンライン、2021年3月3日)

量子液体における三体相関の実験的検出、シンポジウム「近藤効果研究の新展開 –現代の近藤効果–」小林 研介^{s*}

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

金属超薄膜における電場侵入効果岩切 秀一^{DC*}、杉本 聡志、新見 康洋^s、葛西 伸哉、小林 研介^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

カイラル磁性体 CrNb₃S₆ 薄膜におけるスピン輸送測定鈴木 将太^{DC*}、佐々木 壱晟^m、太田 智陽^m、川原 遼馬、谷口 祐紀^d、荒川 智紀^s、乾 皓人、島本 雄介、高阪 勇輔、戸川 欣彦、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

原子層強磁性体/超伝導体ヘテロ接合における輸送特性太田 智陽^{m*}、藤原 浩司^m、大星 和毅^b、山神 光平、岡田 佳憲、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

FeTe_{0.6}Se_{0.4} 薄膜素子の輸送特性中村 瞭弥^{b*}、渡邊 杜^m、徳田 将志^{DC}、坂井 康介^m、中島 正道、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

Bi/Ni 超伝導薄膜の上部臨界磁場測定 2 (ポスター)徳田 将志^{DC*}、中尾 舞^m、渡邊 杜^m、S.-H. Lee^d、中村 瞭弥^b、Yue DiB、Jin Xiao-Feng、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

グラフェンアンチドット格子における弱局在効果の変調 (ポスター)大星 和毅^{b*}、花田 尚輝^m、岩切 秀一^{DC}、松井 朋裕、福山 寛、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

磁性トポロジカル絶縁体 MnSb₂Te₄ 薄膜における輸送特性 (ポスター)勝村 亮太^{b*}、太田 智陽^m、坂井 康介^m、鈴木 将太^{DC}、小林 研介^s、新見 康洋^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日–3月15日)

書籍等の出版，日本語の解説記事

令和元年度科学研究費助成事業（科研費，基盤研究等）審査結果報告

長谷川剛、小林 研介^s、村上修一

日本物理学会誌 Vol. 75, No. 4, 228-231 (2020).

1.6 豊田グループ

令和二年度の研究活動概要

はじめに

当研究グループでは、独創的／最先端な質量分析装置の開発と、それらを用いた応用研究を行っている。特に最近では、我々のグループで開発した小型・高分解能のマルチターン飛行時間型質量分析計を核として、それを利用した新しい分析装置の開発や、応用研究を行っている。また、外部の研究機関・企業との共同研究も積極的に進めている。さらにイオン軌道のシミュレーション手法の開発も行っている。

マルチターン飛行時間型質量分析計を中心としたプロジェクト

飛行時間型の質量分析装置は、質量分解能が飛行距離に比例するため、高分解能を得るには装置の大型化が避けられない。我々のグループでは、同一飛行空間を多重周回させることで飛行距離を長くするという原理で、小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計を開発した。この装置は扇形電場を4個用いたイオン光学系を採用しており、空間・時間の両方について完全収束条件を満足するように設計されている。今年度は、このマルチターン飛行時間型質量分析計をベースとして次のようなプロジェクトを進めた。

1. マルチターン飛行時間型質量分析計を核とした分野横断型融合研究

当グループで開発した小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計は、医学や歯学、環境科学などの様々な分野で広く用いることが可能である。理学研究科附属基礎理学プロジェクト研究センター重点研究推進部門先進質量分析学プロジェクトを拠点として、分野横断型の研究を学内外の様々な研究者と推進している。

大阪大学歯学研究科の村上教授らと、歯肉溝滲出液中の代謝物の網羅解析による歯周病診断に関する研究を行ない、歯周病を表す唾液中の代謝物マーカーを特定し、オンサイト診断に向けた迅速前処理法を構築するとともに、歯学部附属病院に質量分析装置を持ち込み、「その場」で分析を行う体制を構築した。残念ながら今年度は、新型コロナウイルス感染症の拡大で、病院内でのサンプル採取が困難であり、実際の測定は行えなかった。また、PM_{2.5}の原因物質と考えられている揮発性有機化合物（VOC）のオンサイト計測のためのプロトン移動反応（PTR）を用いたイオン化法とマルチターン飛行時間型質量分析計を組み合わせたオンサイトモニタリングシステムの開発を行い、その性能評価を行った。その他、水田から発生するガスのフラックス連続計測システムの構築（北海道大学農学院波多野教授、愛媛大学当真准教授らとの共同研究）を行い、実際に愛媛大学農学部附属農場にMULTUMのシステムを持ち込み、2週間連続で窒素、酸素、二酸化炭素、亜酸化窒素、メタン、エチレンのフラックスの測定を行った。

2. 超高分解能高速イメージング質量分析技術（質量顕微鏡）の構築

マルチターン飛行時間型質量分析計の完全収束性を活かし、広い範囲を一度にイオン化し、マルチターン飛行時間型質量分析計で像を保持したまま高分解能質量分離後、検出器に像を結像させる、像投影方式のイメージング質量分析計の開発と、この装置の特長を活かした研究を行った。空間分解能 1 μ m 以下、質量分解能 1 万以上を達成している。本年度は、生命機能研究科の上田研究室との共同研究では CREST-AMED のプロジェクトを推進し、1 分子・質量イメージング顕微鏡の開発を進めた。

3. 自走式麻薬探知犬ロボット開発プロジェクト（PROCYON）

MULTUM の技術を用いて、空港の手荷物受け取り場などで活躍する麻薬犬の替わりになるような自走式ロボットを開発するプロジェクトを、今年度から中央電機計器製作所、伊藤金属製作所、山本金属製作所、MSI.TOKYO、横浜市立大学、京都大学と一緒に開始した。今年度は、開発するロボットの仕様を検討する会を 3 回開催し、質量分析部、自走式ロボット部、イオン化・データ解析部のそれぞれで、必要な性能の検討を行った。

質量分析計への液体試料高効率導入インターフェイスの開発

溶液を界面活性剤などの薄膜で覆われた微粒子（エアロミセル）にすることで、真空中で溶液が揮発することなく質量分析計に直接導入できる画期的なサンプル導入インターフェイスの開発を、紀本電子工業との共同研究で開始した。特に今年度は、単分散の液滴微粒子作成法の構築を行った。

超臨界流体抽出・クロマトグラフィーとプロトン移動反応を用いたイオン化法を組み合わせた新しい分析技術の開発

超臨界流体は、液体に近い密度でありながら、その粘度は十分の 1 以下であり、拡散係数は液体の千倍にも及ぶことから、超臨界流体を移動層として用いる超臨界クロマトグラフィー（SFC）は、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）では達成し得ない高分解能が得られることが数多く報告され、かつ、ガスクロマトグラフィー（GC）では分析不可能な高分子量化合物並びに熱によって分解を受けやすい化合物にも応用可能である。これまで SFC と質量分析装置を接続する場合には、SFC 出口でエタノールのような有機溶媒を加えなければ、イオン化が困難で、超臨界流体のメリットを活かせていなかった。我々はプロトン移動反応イオン化（PTR）法と SFC を組み合わせることで、この問題を解決できるのではないかと考え、二酸化炭素の超臨界流体を用いたシステムを製作し、評価を行った。PTR では H₂O よりもプロトン親和力が小さい CO₂ をイオン化しないため、溶媒として多量に流れてくる CO₂ はイオン化されず、微量の溶質のみが高感度に分析できることを示した（特許出願）。

フェムト秒レーザーを用いたイオン化法の開発

一般的にレーザー脱離イオン化には、比較的安価な窒素レーザーやYAGレーザーの3倍波のような紫外のナノ秒レーザー光が用いられてきたが、フェムト秒レーザー光を用いると、熱的プロセスではない特徴的な現象が起こる可能性があると考えられる。そこで、今年度は、フェムト秒レーザー光を用いた脱離イオン化実験の準備段階として、フェムト秒レーザーの近くに持ち込める改造が容易に行える簡易型の飛行時間型質量分析装置を自作した。

共同研究

以下の共同研究を外部研究機関・企業と行っている。

1. 日本電子 YOKOGUSHI 協働研究所 (日本電子 (株))
2. 小型マルチターン飛行時間型質量分析計の開発 (MSI.TOKYO(株))
3. 土壌から発生する温室効果ガスの連続モニタリング手法の確立 (北海道大学農学研究
院, 愛媛大学農学部)
4. 歯周病のオンサイト診断法の確立 (歯学研究科, 九州大学生体防御医学研究所)
5. 投影型イメージング質量分析計を用いた一細胞イメージング (生命機能研究科)
6. 新しいイオン検出器の開発 (浜松ホトニクス (株))
7. 環境モニタリング装置の開発 (紀本電子工業 (株), 清華大学)
8. 火山ガスのオンサイト計測装置の開発 (東京大学)
9. 自走式麻薬探知犬ロボット開発プロジェクト (中央電機計器製作所, 伊藤金属製作所,
山本金属製作所, MSI.TOKYO, 横浜市立大学, 京都大学)

学術雑誌に出版された論文

Selective extraction of a monoisotopic ion while keeping the other ions in flight on a multi-turn time-of-flight mass spectrometer

T. Hondo, H. Kobayashi^d, M. Toyoda

Mass Spectrometry **9** (No. 1, July) (2020) A0088

(<http://dx.doi.org/doi:10.5702/massspectrometry.A0088>).

Development of novel ion detector that combines a microchannel plate with an avalanche diode

H. Kobayashi^d, T. Hondo, N. Imaoka^d, M. Suyama, M. Toyoda

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A **971** (No. 11, Aug.) (2020) 164110

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2020.164110>).

Mass spectrometric multiple soil-gas flux measurement system with a portable high-resolution mass spectrometer (MULTUM) coupled to an automatic chamber for continuous field observations

N. Nakayama, Y. Toma, Y. Iwai^b, H. Furutani, T. Hondo, R. Hatano, M. Toyoda

Atmos. Meas. Tech. **13** (No. 12, Dec.) (2020) 6657-6673

(<http://dx.doi.org/doi:10.5194/amt-13-6657-2020>).

Evaluation of microchannel plate gain drops caused by high ion fluxes in time-of-flight mass spectrometry: A novel evaluation method using a multi-turn time-of-flight mass spectrometer

H. Kobayashi^d, T. Hondo, M. Toyoda

J. Mass Spectrom. **56** (No. 3, Mar.) (2021) e4706

(<http://dx.doi.org/doi:10.1002/jms.4706>).

1.7 花咲グループ

令和二年度の研究活動概要

空間反転対称性が破れたマルチバンド超伝導体 PbTaSe_2 の ^{181}Ta -NQR による研究

空間反転対称性の破れた結晶構造を持つ PbTaSe_2 で実現する超伝導状態について核磁気共鳴法による研究を行った。 PbTaSe_2 は遷移金属ダイカルコゲナイド TaSe_2 の層間に Pb が入った構造をしており、面内方向の空間反転対称性が破れている (図 1.18(a))。この物質は図 1.18(b) のように 3.8 K 以下で超伝導状態となることが知られているが、空間反転対称性が破れた系で超伝導が実現することは珍しく、s 波と p 波の混成状態のような理論的に期待されている超伝導状態について検証できる最適な研究対象である。さらに PbTaSe_2 では複数のフェルミ面が存在しており、それぞれがサイズの異なる超伝導ギャップを形成することが理論計算により示されていることから、マルチバンド超伝導体としての性質にも興味を持たれる。

核磁気共鳴 (NMR) 法による測定については博士後期課程 3 年の横井滉平氏が中心となって行い、基礎工学研究科にて椋田秀和氏と八島光春氏に専門的な実験指導をしていただいた。 PbTaSe_2 の構成元素のいずれの核種とも核磁気共鳴信号の強度は非常に弱く、解析に用いるデータを得ることは容易ではなかった。今回は非常に大きな核四重極モーメントを持つ ^{181}Ta 核を対象とした測定を行った。四重極モーメントを持つ原子核では、結晶内電場勾配により分裂した準位間に相当する周波数により共鳴 (Nuclear Quadrupole Resonance = NQR) が起こるため、無磁場下での電子状態を調べることが可能となる。磁場による準粒子励起がないため、転移温度が低く臨界磁場が低い超伝導体の研究には有効である。NQR 測定には固相反応法により合成した粉末結晶を用いて行った。

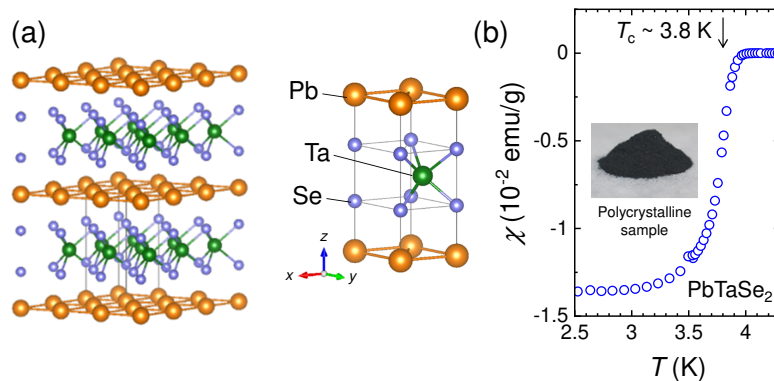


図 1.18: (a) PbTaSe_2 の結晶構造 (左) と 1 ユニットセルの拡大図 (右)。 (b) 超伝導転移温度付近の磁化率の振る舞い。

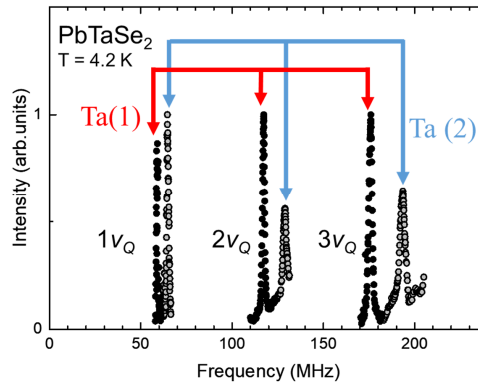


図 1.19: PbTaSe_2 の ^{181}Ta 核 NQR スペクトル。

図 1.19 は ^{181}Ta 核の NQR スペクトルである。 ^{181}Ta 核では核スピン ($I = 7/2$) のエネルギー準位が 4 つに分裂 (ゼロ磁場なので \pm が縮退) するために 3 通りの準位間遷移に対応した 3 本の共鳴線が観測されるはずであるが、実験では 6 本観測されており、非等価な 2 種類の ^{181}Ta 核が存在することがわかった。阪大産研小口研の山内邦彦氏の計算により、一組は完全結晶の PbTaSe_2 の共鳴周波数と一致していることが明らかとなった。もう一組については体積分率や非対称性パラメータ等の情報から部分的に Pb が欠損したドメインからのものであることがわかった。こちらについても超伝導状態を議論する上で問題ないことがわかった。

PbTaSe_2 での超伝導状態を特定するためには超伝導ギャップ構造の対称性を明らかにする必要がある。これについては核スピン・格子緩和時間 (T_1) の温度依存性を測定することが有効である。標準的な BCS モデルに従う s 波超伝導体の場合、フェルミ面上の全領域でギャップが開いているために、緩和時間は温度の減少とともに指数関数的に上昇する。一方で p 波や d 波超伝導状態では部分的にギャップが消滅する領域があり、そこからの準粒子励起により低温においても緩和時間の上昇は抑制される。

図 1.20 に示すように、1.4 K まで温度を下げて T_1 の測定を行った結果、転移温度よりも十分低温の領域において s 波超伝導状態で予想される緩和時間の温度依存性 (赤い曲線に沿った振る舞い) が観測された。空間反転対称性の破れを反映した超伝導状態の実現を示唆する直接的な証拠は得られなかったものの、転移温度直下のコヒーレンスピークが抑制されていることと、アレニウスプロットから求まるギャップサイズが BCS モデルの値より有意に小さいことが明らかになった。

この結果について考察してみる。まず、コヒーレンスピーク抑制の原因については s 波と p 波の混成超伝導状態で実現する異方的なギャップ構造 (ギャップサイズの分布) によるものと考えても矛盾はしないが、電気四重極緩和の寄与の可能性も除外しきれないため現時点では特定することができない。次に、実験から求められた超伝導ギャップサイズが BCS モデルよりも小さい原因についてはマルチバンド超伝導状態の特徴として以下のように説明することができる。先行研究ではそれぞれのフェルミ面上でのクーパー対形成に関わる電子間引力が計算されており、これと比較すること

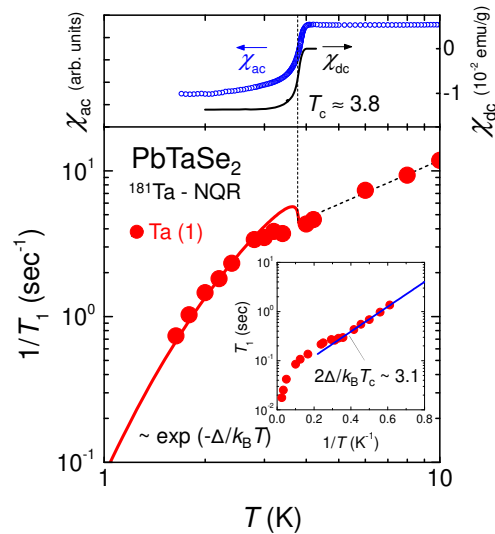


図 1.20: NQR 測定による PbTaSe_2 の核スピン・格子緩和時間の温度依存性。図 1.19 の Ta(1) の $1\nu_Q$ の信号を測定。転移温度以下の領域でのアレニウスプロットの傾きから超伝導ギャップサイズが求まる。

により今回の NQR 測定により観測した超伝導ギャップの大きさは主に Ta の 5d 電子により構成されるフェルミ面上のもの（電子間引力が相対的に小さいもの）であることが示唆された。 PbTaSe_2 については Pb 核での NMR 測定が他のグループにより行われているが、そこで得られたギャップサイズは今回我々が得た値と比べて大きいものであり、NMR 測定により観測している超伝導状態が異なることがわかった。これはある意味当たり前のようにも思えるが、マルチバンド超伝導体で核種ごとに異なる軌道の超伝導状態を優先的に観測できるという概念は NMR 業界にはこれまでになく、今回の実験ではそれをはじめて示すことができた。

この研究成果は、K. Yokoi *et al.*, Phys. Rev. B **102**, 214504 (2020). に掲載された。

ハイエントロピー合金における局所構造解析

人類は長い歴史の中で青銅器や鉄器など有益な新材料を見出し利用する事で、世の中は豊かになってきた。その多くは、主成分となる元素の他に別種の元素を混ぜて作製されたものであった。この場合、主成分の元素からなる構造を出発点とし、摂動的に物質探索を行い、その物性機構を議論する事が多い。しかし、近年、図 1.21 に示したような多種類の元素が等しい元素比で混ざった合金が開発され、その優れた物性が着目されている。元素の配置に関するエントロピーが高い事から、これらの合金はハイエントロピー合金やミディアムエントロピー合金と呼ばれる。

物性機構を議論する上で、その構造を調べる事は不可欠である。通常、X 線等の回折により微視的に格子構造を調べることが行われているが、格子の平均構造しか捉え

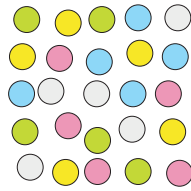


図 1.21: ハイエントロピー合金の概念図。色は元素の種類を表す。

る事ができない。ハイエントロピー合金などでは、多種類の元素が混ざり合っている事から、局所的に格子が歪んでいる事が予想され、特に力学的特性に大きな影響をもたらしていると理論的に示唆されていた。しかし、これを実験的に示した先行研究はこれまでなかった。そこで代表的なミディアムエントロピー合金である CrCoNi を取り上げ、その局所構造を明らかにする事を目指した。

高エネルギー加速器研究機構の放射光実験施設 BL12C で広域 X 線吸収微細構造 (EXAFS) の測定を行った。CrCoNi の各元素の吸収端で測定を行い、Cr、Co、Ni の周りにおける局所構造についてデバイ・ワラー因子を見積もった。なお、フォノン等の動的効果を除くため、低温で測定を行った。測定の結果、デバイ・ワラー因子は Cr で大きな値を取り、Ni では値が小さくなる事が分かった。各元素が等元素比で混在しているものの各元素はその特徴を保持している。Ni は周囲の格子構造と調和したホスト的な元素であり、Cr は周囲の格子構造を乱すゲスト的な元素である事が示された。CrCoNi に関する第一原理計算も行われ、各元素の平均原子変位が計算されている。これによると、平均原子変位の大きさは、Cr>Co>Ni の順となる事が示されている。原子変位によって局所的に格子構造が乱れていると考えれば、得られた実験結果は理論計算と一致している。力学的強度は平均原子変位に比例すると考えられ、CrCoNi では Cr が力学特性に重要な役割を果たしていると思われる。今後、多くの合金における測定を通じて、一般則を明らかにしていく必要がある。

学術雑誌に出版された論文

Field-induced spin reorientation in the antiferromagnetic Dirac material EuMnBi₂ revealed by neutron and resonant x-ray diffraction

H. Masuda, H. Sakai^{*}, H. Takahashi, Y. Yamasaki, A. Nakao, T. Moyoshi, H. Nakao, Y. Murakami, T. Arima, and S. Ishiwata

Physical Review B **101**, (No.17, May) (2020) 174411-1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.101.174411>).

Switching of band inversion and topological surface states by charge density wave

N. Mitsuishi, Y. Sugita, M.S. Bahramy, M. Kamitani, T. Sonobe, M. Sakano, T. Shimojima, H. Takahashi, H. Sakai^s, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Taguchi, K. Miyamoto, T. Okuda, S. Ishiwata, Y. Motome, and K. Ishizaka

Nature Communications **11**, (May) (2020) 2466-1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41467-020-16290-w>).

Nanoscale imaging of unusual photo-acoustic waves in thin flake VTe₂

A. Nakamura, T. Shimojima, Y. Chiashi, M. Kamitani, H. Sakai^s, S. Ishiwata, H. Li, and K. Ishizaka

Nano Letters **20**, (May) (2020) 4932-4938

(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/acs.nanolett.0c01006>).

Ferroelectric atomic displacement in multiferroic tetragonal perovskite Sr_{1/2}Ba_{1/2}MnO₃

D. Okuyama, K. Yamauchi, H. Sakai^s, Y. Taguchi, Y. Tokura, K. Sugimoto, T.J. Sato, and T. Oguchi

Physical Review Research **2**, (No.3, July) (2020) 033038-1-9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevResearch.2.033038>).

Magnetic Properties of Pyrochlore Ruthenate Nd₂Ru₂O₇ Studied by μ SR

U. Widyaiswari, H. Sakai^s, K. Inoue, N. Hanasaki^s, D.P. Sari, B. Kurniawan, and I. Watanabe

Key Engineering Materials, **860**, (Aug.) (2020) 288-293

(<http://dx.doi.org/doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.860.288>).

¹⁸¹Ta Nuclear quadrupole resonance study of non-centrosymmetric superconductor PbTaSe₂

K. Yokoi^d, M. Yashima, H. Murakawa^s, H. Mukuda, K. Yamauchi, T. Oguchi, H. Sakai^s, and N. Hanasaki^s

Physical Review B **102** (No. 21, Dec.) (2020) 214504-1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.102.214504>).

国際会議における講演等**Dirac fermions coupled with magnetic order and lattice polarization**

H. Sakai^{s*} (invited)

APCTP-KPS-JPS Meeting (New trends in quantum and topological matters under extreme condition) (Online, Nov.6, 2020, Approx. 300 participants)

Local structural disorder revealed by EXAFS measurements in medium-entropy alloy CrCoNi

N. Hanasaki^{s*}

Virtual MRS Spring/Fall meeting 2020 (Online, Nov. 27-Dec. 4, 2020, Approx. 1000 participants)

High field transport properties for spin-valley coupled Dirac materials BaMnX₂ (X = Bi, Sb) (poster)

M. Kondo^{d*}, M. Ochi, T. Kojima, R. Kurihara, D. Sekine, M. Matsubara, A. Miyake, M. Tokunaga, K. Kuroki, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, and H. Sakai^s

ARHMF2020 (Online, December 1, 2020, Approx. 200 participants)

Quantum transport coupled with magnetic order and lattice polarization in layered Dirac materials

H. Sakai^{s*} (invited)

ARHMF2020 (Online, Dec. 2, 2020, Approx. 200 participants)

Spin-valley coupling sensitive to lattice distortion in layered Dirac metal BaMnX₂ (X = Bi, Sb)

M. Kondo^{d*}, Masayuki Ochi, Tatsuhiro Kojima, Ryosuke Kurihara, Daiki Sekine, Masakazu Matsubara, Atsushi Miyake, Masashi Tokunaga, Kazuhiko Kuroki, H. Murakawa^s, N. Hanasaki^s, and H. Sakai^s

APS March meeting 2021 (Online, March 17, 2021, Approx. 1000 participants)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

CrCoNi 合金における局所構造の研究 (ポスター)

小田昌治^{m*}、薦田匠^m、川畑宇矢^m、新津甲大、江原和輝、乾晴行、仁谷浩明、阿部仁、佐賀山基、上塚洋、軽部瑤美、酒井英明^s、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

EXAFS 測定による (Mg_{1-x}Li_x)Ti₂O₄ の局所的格子揺らぎの観測 (ポスター)

川畑宇矢^{m*}、薦田匠^m、小田昌治^m、佐賀山基、仁谷浩明、阿部仁、酒井英明^s、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

層状ディラック磁性体 BaMnBi₂ における面内極性歪に敏感なスピン・バレー結合状態

近藤雅起^{d*}、酒井英明^s、越智正之、栗原綾佑、小島達弘、三宅厚志、徳永将史、黒木和彦、

木田孝則、萩原政幸、藤村飛雄吾、中川賢人、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

¹⁸¹Ta-NQR による空間反転対称性の破れた超伝導体 PbTaSe₂ の超伝導状態

横井滉平^{d*}、八島光晴、村川寛^s、椋田秀和、山内邦彦、小口多美夫、酒井英明^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

元素置換した CrGeTe₃ 単結晶における電力因子と熱伝導度のキャリア濃度依存性

真栄城竜生^{m*}、酒井英明^s、西村拓也^m、村川寛^s、花咲徳亮^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

CrCoNi の EXAFS による局所構造解析

花咲徳亮^{s*}、小田昌治^m、新津甲大、江原和輝、村川寛^s、酒井英明^s、仁谷浩明、阿部仁、佐賀山基、乾晴行

日本金属学会 2020 年秋期講演 (第 167 回) 大会 (オンライン、2020 年 9 月 18 日)

磁性・極性と結合した量子伝導を示すトポロジカル層状物質の開拓 (招待講演)

酒井英明^{s*}

ISSP ワークショップ「量子物質研究の最近の進展と今後の展望」(オンライン、2020 年 9 月 24 日)

層状ディラック磁性体 BaMnBi₂ における面内極性歪に敏感なスピン・バレー結合状態

近藤雅起^{d*}、酒井英明^s、越智正之、栗原綾佑、小島達弘、三宅厚志、徳永将史、黒木和彦、木田孝則、萩原政幸、藤村飛雄吾、中川賢人、村川寛^s、花咲徳亮^s

新学術領域研究「量子液晶の物性科学」量子物質開発フォーラム (オンライン、2020 年 10 月 1 日 - 10 月 2 日)

量子物質研究と強磁場 -最近の潮流と展望 (招待講演)

酒井英明^{s*}

「強磁場コラボラトリー 2030」シンポジウム (オンライン、2020 年 12 月 3 日)

EXAFS による CrCoNi の局所構造解析 (招待講演)

花咲徳亮^{s*}、小田昌治^m、新津甲大、江原和輝、仁谷浩明、阿部仁、佐賀山基、乾晴行

MRM Forum 2020、シンポジウム「構造材料の基礎科学」(オンライン、2020 年 12 月 9 日)

EXAFS による CrCoNi の局所構造解析

花咲徳亮^{s*}

新学術領域「ハイエントロピー合金」2020 年度成果報告会 (オンライン、2021 年 3 月 10 日)

ノンシンモルフィック磁性体 CeSbTe の弱磁場巨大磁気抵抗効果

中岡優大 ^{m*}、村川寛 ^s、木田孝則、萩原政幸、酒井英明 ^s、花咲徳亮 ^s
日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

トポロジカル線ノード半金属 PbTaSe₂ における圧力下ネルンスト効果

横井滉平 ^{d*}

令和 2 年度先端強磁場科学研究センター年次報告会 (大阪大学、2021 年 3 月 17 日)

電荷密度波フェリ磁性体の巨大磁気抵抗効果

村川寛 ^{s*}

令和 2 年度先端強磁場科学研究センター年次報告会 (大阪大学、2021 年 3 月 17 日)

1.8 松野グループ

令和二年度の研究活動概要

二つの異なる物質が接する境界 = 界面は、単一の物質では実現できない豊かな物性の舞台である。現代テクノロジーを支える半導体デバイスが、かたまり（バルク）ではなく界面に生じる機能に基づくことからわかるように、界面物性は基礎から応用に至るまで広がりを持つ物性物理学の最先端トピックである。

本グループでは遷移金属酸化物 = 強相関電子系の界面に着目する。強相関電子系は電荷・スピン・軌道の自由度が絡みあうことで超伝導や磁性などの多彩な電子相を示す。それらを組み合わせた「強相関界面」にはさらに興味深い未知の物性が隠されている可能性がある。本グループでは強相関界面を自ら設計し、作製・評価までを一貫して実施する。物質の対称性・次元性を原子レベルで制御した界面はそれ自体が「新しい物質」であり、新規物性開拓の可能性が広がるフロンティアである。

現在進行中の以下のテーマのうち、本年度は2.に焦点を当てて研究を実施した。

1. 強いスピン-軌道相互作用に由来する新たな電子相の開拓
2. 強相関界面におけるスピントロニクス、特にスピン流の学理解明
3. 界面エピタキシャル安定化を用いた新物質合成

強いスピン-軌道相互作用を持つ Ir 酸化物と磁性体との界面におけるスピン流物性

強いスピン-軌道相互作用を持つ物質と磁性体との界面はスピン流物性の舞台として近年盛んに研究が行われている。特に金属スピントロニクスの分野ではスピン-軌道相互作用の強い物質として Pt がよく用いられ、事実上の標準物質となっている。本研究では以下の3つの理由から Pt に加えて Ir 酸化物を用いた：(i) Pt と異なり 6s 電子を含まないため 5d 電子のスピン-軌道相互作用を十全に活用できる、(ii) 酸化物ではエピタキシャル界面の形成が容易であり界面スピン流物性の微視的理解に適する、(iii) 5d 電子の強相関性に由来する新しいスピン流物性が期待できる。本年度は以下の4つの界面系を取り上げた。

1. 2層膜 Py-IrO₂ におけるスピン流物性

電流による磁化制御は、その根底にある電流 - スピン変換現象の理解が必要不可欠であるため、現代のエレクトロニクス分野において重要課題となっている。近年では、非磁性体と強磁性体の界面を持つ二層膜構造において、スピン軌道トルクによる磁化反転が実証されている。スピン軌道トルクは、強いスピン軌道相互作用に起因するスピンホール効果やラシュバ - エデルシュタイン効果から誘起され、Pt や Ta などの 5d 遷移金属が高効率の生成源として知られている。最近になって、5d 遷移金属の酸化物であるイリジウム酸化物を用いた逆スピンホール効果やスピンホール効果が観測され、遷移金属酸化物を基盤としたスピン流生成現象が注目されていることから、導電性を示すイリジウム酸化物 IrO₂ のスピン流物性について研究を行った。

前年度に IrO₂ が大きなスピン流生成効率を持つことを明らかにしていたが、本年度はそれに引き続き Py と IrO₂ との積層順序がスピン流物性に与える影響に着目した。

IrO₂-top 試料と IrO₂-bottom 試料に対して、参照試料 Pt と合わせてスピン軌道トルク、スピンホール磁気抵抗、磁気異方性の測定を行った。全ての試料で効率的な電流-スピン流変換に由来する大きな dampinglike(DL) スピン軌道トルクを観測したが、IrO₂ (Pt)-bottom 試料が IrO₂ (Pt)-top 試料よりも大きいスピン軌道トルクを生成することが明らかとなった。Fieldlike(FL) スピン軌道トルクでは、Pt 参照試料では積層順序によらず同符号を示したのに対し、IrO₂ では積層順序により符号が逆転するという著しい効果が得られた。磁気異方性エネルギー密度と異常ホール効果はともに IrO₂-bottom 試料でより大きく、界面に由来する垂直磁気異方性が増強していることを示唆している。これらの結果は IrO₂ と強磁性体との界面におけるスピン輸送特性と磁気輸送特性が積層順序に強く影響していることを示しており、5d 酸化物のスピン軌道トルクを用いたデバイスの設計指針を与えている。

2. Y₃Fe₅O₁₂/非磁性導電体の界面状態とスピン流注入効率との相関解明

近年、電子のスピン角運動量の流れであるスピン流を用いた磁化制御が注目されており、その中でも磁気抵抗変化率の向上が大きな課題となっている。その舞台となるのは非磁性層と磁性層を組み合わせた二層膜であり、非磁性層において生成されたスピン流の一部は界面を透過し磁性層の磁化に作用する。抵抗変化率の向上には大きなスピン流生成効率を持つ非磁性体が重要であり、スピン-軌道相互作用の大きな重金属を中心に最近では導電性酸化物など幅広い物質探索が行われている。もう一つの重要な因子は非磁性層と磁性層との界面におけるスピン流注入効率向上である。この効率は物質の組み合わせや結晶状態、測定手法によって二桁近くばらつきがあり、界面状態とスピン流物性との関係性解明が求められている。

本研究では界面状態に依存するスピン流物性の理解を目的とし、磁性層に酸化物絶縁体 Y₃Fe₅O₁₂ (YIG)、非磁性層に重金属 Pt と導電性酸化物 IrO₂ を用いた二層膜 YIG/Pt および YIG/IrO₂ に着目した。IrO₂ は Pt と同程度のスピン流生成効率を示す一方で、隣接する磁性体が絶縁体の場合には金属の場合よりスピン流注入効率が著しく小さいことが報告されている。スピン流注入効率を定量的に評価するために、スピンホール磁気抵抗効果 (SMR) を測定した。その結果 YIG/Pt では YIG 作製時のアニール温度を変化させることで YIG の飽和磁化・表面粗さが SMR と相関することが判明し、スピン流注入効率が界面状態に大きく依存する物理量であることが明らかとなった。また YIG/Pt 界面でのスピン流注入効率は先行研究と比べ同程度以上となり、理想的な界面が形成されていることが確認された。一方 YIG/IrO₂ では YIG/Pt と比べて極めて低いスピン流注入効率が観測された。報告例の少ない酸化物界面でのスピン流注入効率を先行研究とは異なる手法で評価したことには大きな意味があり、酸化物界面が従来の見識では説明できない重要な研究対象であることが明確化された。

3. 二層膜 IrO₂/CoFeB における電流-スピン流変換効率

電子のスピン角運動量の流れであるスピン流を用いた磁化制御は、電子機器の省電力化をもたらすことからスピントロニクス重要な課題となっている。スピン流は強いスピン-軌道相互作用を有する非磁性金属に電流を流すことで誘起され (スピンホール効果)、このスピン流を隣接する磁性層に吸収させることで磁化を制御できる。これ

まで非磁性金属として Pt と Ta を代表とする 5d 遷移金属が広く使われてきたが、より効率的な磁化制御に向けて高い電流-スピン流変換効率を持つ新規材料が求められている。

本研究では高い変換効率を持つ物質の候補として 5d 遷移金属酸化物である IrO_2 に着目し、スピン流物性の探索を行った。5d 遷移金属酸化物では強いスピン-軌道相互作用を持つ 5d 電子のみが伝導に寄与するため、5d 電子に加えてスピン-軌道相互作用を持たない 6s 電子も伝導に寄与する 5d 遷移金属とは定性的に異なるスピン流物性が期待される。そこでスパッタ法で二層膜構造の IrO_2 /強磁性体 CoFeB 及び参照試料 (Pt, Ir, W)/CoFeB を製膜し、フォトリソグラフィでデバイス加工を行った。変換効率の評価のため第二高調波ホール抵抗の角度依存性と縦抵抗の角度依存性を外部磁場下でそれぞれ測定した。その結果、 IrO_2 の電流-スピン流変換効率は Pt と同程度の大きさを示し、異なる強磁性体を用いた二層膜 Py/ IrO_2 の先行研究と一致した。強磁性層を二種類の非磁性層で挟んだ三層膜構造 IrO_2 /CoFeB/(Pt, Ir) についても同様の測定を行い、Pt と Ir の挿入により変換効率が制御可能であることを示した。これらの結果から、 IrO_2 が大きなスピン流生成を実現する新奇な酸化物材料であり、その特異な電子構造がスピン流物性に重要な役割を果たすことが明らかとなった。

4. 室温強磁性を示す遷移金属酸化物を用いたスピン流特性の検出

巨大磁気抵抗効果 (GMR) やトンネル磁気抵抗効果 (TMR) の発見とともに、スピン自由度に起因する輸送現象に注目が集まるようになった。中でも、電子のスピン角運動量の流れであるスピン流は現在のスピントロニクスにおける重要テーマであり、スピン流に関する様々な輸送現象が発見されてきている。その一つであるスピンホール効果 (電流とスピン流の変換現象) を利用することで、スピン-軌道相互作用の大きな物質で生じたスピン流を磁性物質に注入してスピンホール磁気抵抗効果 (SMR) を発現させることができる。このような界面磁気抵抗効果を研究する舞台として、室温で強磁性を示す遷移金属酸化物に着目した。室温動作デバイスへの応用が期待できることに加えて、エピタキシャル薄膜の合成によりスピン流物性をより微視的に理解できる利点がある。

本研究では、室温強磁性金属としてよく知られている $\text{La}_{2/3}\text{Ba}_{1/3}\text{MnO}_3$ (LBMO) を候補物質として選択し、パルスレーザー堆積法により高い結晶性を持つエピタキシャル薄膜を作製した。中でも LBMO 薄膜の強磁性転移温度は ~ 300 K と室温よりわずかに高かったため、LBMO 薄膜上にスピン-軌道相互作用の大きい Pt のホールバーをメタルマスク越しに成膜することで二層膜 LBMO/Pt を作製した。磁場中での試料回転により、強磁性体薄膜の磁化の向きによって電子の散乱度合いが変化する異方性磁気抵抗効果 (AMR) と SMR を測定した。この結果、従来のモデルでは説明できない AMR の符号反転と、Pt を用いた金属二層膜の先行研究より一桁程度大きい SMR 比 ($\sim 2\%$) が観測された。この起源は LBMO 単膜の磁気輸送特性も含めてさらなる検討が必要であるが、Pt と強磁性酸化物との界面が新奇なスピン流物性を開拓する格好の舞台となる可能性を示唆している。

学術雑誌に出版された論文

Spin-orbit torque generation in NiFe/IrO₂ bilayers

K. Ueda^s, N. Moriuchi^m, K. Fukushima^m, T. Kida, M. Hagiwara, and J. Matsuno^s
Phys. Rev. B **102** (No. 13, Sep.) (2020) 134432 1-7
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.102.134432>).

国際会議における講演等

Emergent Phenomena at Oxide Interfaces with Strong Spin-Orbit Coupling

J. Matsuno^{s*} (invited)

2020 MRS Spring/Fall Meeting at Phoenix, USA (Online), Nov. 27-Dec. 4, 2020, 参加者数約 2,000 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

トポロジカル磁気構造に基づく量子液晶を具現する薄膜物質開発

松野 丈夫^{s*}

新学術領域研究「量子液晶の物性科学」A01 班公募研究キックオフミーティング (於 オンライン、2020 年 5 月 19 日)

Substrate strain effect on transport properties of SrIrO₃ thin films

S. Hori^m, K. Ueda^s, J. Matsuno^{s*}

令和 2 年度新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (於 オンライン、2020 年 12 月 21 日-25 日)

強いスピン-軌道相互作用を持つ IrO₂ のスピン軌道トルク

上田 浩平^s, 森内 直輝^m, 福島 健太^m, 木田 孝則, 萩原 政幸, 松野 丈夫^{s*}

スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点 2020 年度年次報告会 (於 オンライン、2021 年 3 月 9 日)

SrIrO₃/CoFeB 界面における電流-スピン流変換効率

堀 惣介^{m*}

令和 2 年度先端強磁場科学研究センター年次報告会 (於 大阪大学、2021 年 3 月 17 日)

Ni₈₁Fe₁₉/IrO₂ 界面から誘起されるスピン軌道トルク

上田 浩平^{s*}, 森内 直輝^m, 福島 健太^m, 木田 孝則, 萩原 政幸, 松野 丈夫^s

第 68 回応用物理学会春季学術講演会 (於 オンライン、2021 年 3 月 16 日-19 日)

SrIrO₃/CoFeB 界面における電流-スピンの変換効率堀 惣介^{m*}, 上田 浩平^s, 松野 丈夫^s

第68回応用物理学会春季学術講演会 (於 オンライン、2021年3月16日-19日)

1.9 素粒子理論グループ

令和二年度の研究活動概要

有限温度場の理論と AdS 時空の対応

大野木は、青木慎也、横山修一郎（京大基研）との共同研究で有限温度での自由なスカラー場の自由理論を検討し、スカラー場の flow 方程式によって定義されるホログラフィックな幾何学を調べた。その結果、漸近的な Anti-de Sitter (AdS) ブラックブレンに、未知の物質の寄与がある時空であることを見つけた。この未知の物質の寄与は無数個 massless 高階スピン場の熱励起によるものと推測され、ラージ N 自由スカラー場理論の重力双対が Vasiliev theory であると言う conjecture に対して示唆的である。

一般相対性理論におけるキリングベクトルを用いた保存量

大野木は、青木慎也、横山修一郎（京大基研）との共同研究で Fock によって定義された、キリングベクトルを用いたエネルギー運動量テンソルを用いた保存量の定義に再び光を当て、様々な系についてのエネルギーを求めた。その結果、デルタ関数の特異点の体積積分により、シュワルツシルトと BTZ ブラックホールの電荷を計算できることを示した。この定義を使用して、静的コンパクト星の総エネルギーも計算し、オープンハイマー-ボルコフ方程式でミスナー-シャープ質量として知られる重力質量と重力結合エネルギーの両方が含まれる表式を得た。

一般相対性理論における保存量とエントロピー

また、大野木は青木、横山との共同研究で、上の研究をさらに発展させ、キリングベクトルが存在しない時空の場合にもエネルギー運動量テンソルから保存量を構築するために、新しいクラスのベクトル場を提案した。そのようなベクトル場は、グローバルな対称性がなくても、与えられた場の理論に対してある微分方程式の解として常に一意に存在する。このベクトル場から構築された保存電流は、エントロピーに対応するという conjecture を得た。その証拠として、等方宇宙にの場合にはこの保存量が熱力学の第 1 法則を満たしていることを示した。

フラクトン相と場の理論

フラクトン相は量子情報、物性などで最近注目されている物質の相である。特にエントロピーが示量性でないことや、粒子的な励起で動きが制限されたものがあること、「部分系対称性」と呼ばれる新奇な対称性など、興味深い性質を示す。山口は、このフラクトン相の研究を場の理論の立場から行った。特に超対称性を持つフラクトン相を構築した。また、この結果を利用し、自然なフェルミオンのフラクトン相のモデルを提唱した。この山口が作った超対称模型、およびフェルミオン模型では、フェルミオンの部分系対称性のために大きな基底状態の縮退があり、しかも残留エントロピーが体積ではなく面積に比例することが分かった。また、超対称性のあるテンソルゲージ理論と、その中の欠陥としてのフラクトンについて超対称性の見方からの研究を行った。

初期偏光状態から生成される原始重力波のスペクトラム

菅野は、早田次郎（神戸大）と共同で、宇宙が初期偏光状態で始まった場合に生成される原始重力波のスペクトラムを計算した。将来、高周波数領域の原始重力波を測定することが可能になれば、このようなパワースペクトラムが観測されることを示唆した。

グラビトンによるノイズとデコヒーレンス

原子の存在がブラウン運動によって間接的に発見されたように、菅野は、早田次郎（神戸大）、徳田順生（神戸大）と共同で、重力波干渉計の鏡に対するノイズを通して、グラビトンを間接的に発見できることを示した。またグラビトンによるノイズが、実験室で作られる粒子の重ね合わせ状態を壊すことを示し、そのデヒコヒーレンス時間を測ることによってグラビトンを間接的に発見できることも示した。この論文は *Physical Review D* 誌の *Edotors' Suggestion* に選ばれた。

CP の破れを含む拡張ヒッグス模型の EDM への効果とその ILC 実験での検証

兼村晋哉、久保田充紀、柳生慶は、ヒッグスポテンシャルと湯川相互作用に独立な CP 対称性を破る (CPV) 位相を含むヒッグス 2 重項を 2 個含む模型を研究し、その電気双極子モーメント (EDM) への効果を調べた。オーダー 1 の CPV 位相の EDM への寄与が、一桁程度のチューニングで相殺するシナリオの存在を明らかにし、そのパラメータセットが高エネルギー領域においても安定に保たれることを示した。また ILC 実験において、CPV 位相の付加的なヒッグスボソンの崩壊への効果を調べた。特に $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}\tau^+\tau^-$ 過程において、タウレプトンの角度分布に特徴的なパターンが現れることに注目し、シグナル・バックグラウンド解析から、CPV を含むベンチマークシナリオが CP 保存の場合から区別される可能性のあることを明らかにした。この一連の研究成果は 2 本の学術論文として *JHEP* に掲載された。

高輝度 LHC 実験と ILC 実験の相乗効果による拡張ヒッグス模型の検証

愛甲将司、兼村晋哉、柳生慶は、菊地真吏子（北九州高専）、馬渡健太郎（岩手大学）、桜井巨大（カールスルーエ工科大）との共同で、高輝度 LHC 実験による付加的ヒッグスボソンの直接探索と ILC 実験によるヒッグス結合の精密測定を用いて、拡張ヒッグスセクターを検証する可能性を調べた。特に、4 種類の湯川相互作用をもつヒッグス 2 重項を 2 個含む模型に注目し、125 GeV のヒッグスボソンの結合定数の標準模型からのずれと、付加的なヒッグスボソンの生成・崩壊を系統的に調べあげ、現在及び将来の加速器実験で排除されるパラメータ領域を研究した。高輝度 LHC 実験と ILC 実験の相乗効果により、アラインメント極限（125 GeV のヒッグスボソンの結合定数が標準模型における予言とツリーレベルで一致する極限）近傍の領域を除いて、広くパラメータ領域を検証または排除し得ることを明らかにした。この研究成果は学術論文として、*Nucl. Phys. B* に掲載された。

フレーバーに依存する $U(1)$ 対称性をもつ Zee 模型の研究

柳生慶は、松井俊憲（KAIST）、野村敬明（四川大学）との共同で、フレーバーに依存する $U(1)$ 対称性をもつ Zee 模型を研究した。現在のニュートリノ混合データを説明するために、ベクターライクなレプトン 2 重項場を一对追加する拡張を考えた。我々は、既存のレプトンフレーバーの破れの実験を満たし現在のニュートリノデータを再現するパラメータセットが

存在することを明らかにした。さらにそのパラメータセットにおいて、強い一次的電弱相転移が起きることも示し電弱バリオン数生成のシナリオに応用し得る可能性も明らかにした。

暗黒物質と電子及びミュオン $g-2$ を説明する模型の研究

柳生慶は、Kai-Feng Chen、Cheng-Wei Chiang (国立台湾大学) との共同で、暗黒物質を含み、電子及びミュオン $g-2$ のアノマリーを同時に説明する模型を構築した。電子 $g-2$ については、2019年のセシウム原子を用いた実験では、標準模型の予言から約 2.4σ のずれ(実験値の方が小さい)があることが報告されたが、2020年のルビジウム原子を用いた実験によるとずれは 1.6σ (実験値の方が大きい)となっている。本研究は後者の実験結果の出る前に完成したもので、電子・ミュオン $g-2$ のずれを、既存のフレーバー実験、暗黒物質の残存量及び直接探査実験を満たした上で説明できることを明らかにした。この研究成果は学術論文として JHEP に掲載された。

多重臨界点原理に基づく理論の暗黒物質現象論の研究

尾田欣也、柳生慶は、濱田雄太 (Harvard University)、川合光 (京都大学) との共同で、多重臨界点原理に基づく理論の暗黒物質現象論を研究した。ミニマルな例として、標準模型に実スカラー 1 重項場 2 個が追加された模型を考え、そのうちの 1 個が暗黒物質候補となるシナリオを考えた。この枠組みにおいて、暗黒物質残存量と直接探査からの制限、さらにプランクスケールまで摂動計算が信頼できる条件を課すと、暗黒物質の質量が 2-3 TeV で付加的なヒッグスボソン質量が 100 GeV 程度の領域に解のあることを見出した。また、このシナリオは将来の暗黒物質直接探査及び ILC 実験等の電子・陽電子加速器において検証可能性のあることを明らかにした。この研究成果は学術論文として JHEP に掲載された。

Hofstadter butterfly 上のフラクタル欠陥状態

松木 義幸は、池田・越野と共同で、点欠陥周りに局在する状態のフラクタル性についての研究を行なった。Hofstadter butterfly において点欠陥状態がフラクタルに現れることを示し、それらの状態の局在長に注目することで空間的なフラクタル性の定量化に成功した。さらに、これらが Hofstadter butterfly の新しい観測法を提供し得ることを示した。

転送行列としての Wilson-'t Hooft 演算子

太田敏博は、丸吉一暢 (成蹊大学) と八木絢彌 (清華大学) と共同で、周期的叢ゲージ理論における Wilson-'t Hooft 演算子が可解格子模型の転送行列と同定できることを局所化による直接計算を実行して示した。この転送行列はまた、弦理論の双対性を用いることで 2 次元共形場理論の Verlinde 演算子、4 次元 Chern-Simons 理論の Wilson 演算子と同定できることを導いた。

Atiyah-Patodi-Singer (APS) 指数定理と domain-wall Dirac 演算子の研究

深谷、大野木、山口は、2017年に APS 指数と同じ量が domain-wall Dirac 演算子から得られることを示した。この研究は発見法的になされたが、東大の古田、名古屋大の松尾、京大数理研の山下の 3 名の数学者が共同研究に加わり、一般に偶数次元の APS 指数は domain-wall Dirac 演算子の η 不変量で書き直せることを数学的に証明、論文を発表した。さらに松木が

加わりそれを奇数次元に応用、mod-two 指数を domain-wall Dirac 演算子を用いて表せることを証明した。

高温 QCD で現れる近似的対称性の研究

深谷、Rohrhofer らは、2-flavor の高温 QCD をシミュレート、axial $U(1)$ 量子異常が従来考えられてきたものより強く抑制されていることを確認した。さらに、通常 $SU(2)_L \times SU(2)_R$ 対称性のプローブと考えられているカイラル感受率のシグナルの 95% が実は axial $U(1)$ 量子異常由来であることをつきとめた。本プロジェクトは 2020 年度 HPCI 利用研究課題優秀成果賞を受賞した。

ゲージヒッグス統合理論の予言

細谷裕は 幡中久樹, 折笠雄太, 船津周一郎, 山津直樹とともにゲージヒッグス統合理論 (GHU) では物理量が 5 次元空間の Aharonov-Bohm 位相 (θ_H) と Kaluza-Klein スケール (m_{KK}) によりほぼ決まるという普遍性があることを示した。また、計画されている e^-e^+ 線形加速器で、 Z' ボソンの効果を観測できることを示した。

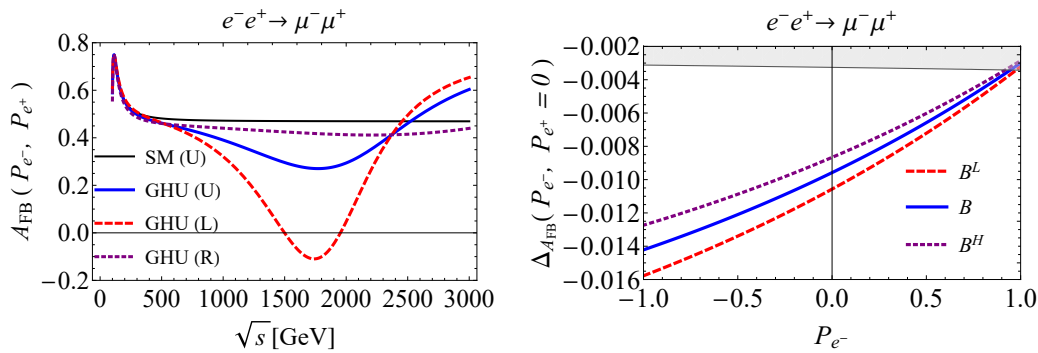


図 1.22: Forward-backward asymmetries $A_{FB}^{f\bar{f}}$ and $\Delta_{A_{FB}} = A_{FB}^{\text{GHU}}/A_{FB}^{\text{SM}} - 1$ at $\theta_H = 0.1$. 左: 偏極度 $(P_{e^-}, P_{e^+}) = (0, 0)(U), (-0.8, +0.3)(L), (+0.8, -0.3)(R)$ 右: $\sqrt{s} = 250 \text{ GeV}$ で $m_{KK} = 11, 13, 15 \text{ TeV}$ (for B^L, B, B^H) の場合. 灰色帯は標準理論 (SM) で 250 fb^{-1} のデータの場合の統計誤差を表す。

同位体効果を用いた新物理探索

田中 実は、山本康裕 (NCBJ, ワルシャワ) と共同で、原子スペクトルにおける同位体効果を用いた新しい物理の探索についての研究を行ない、最新の実験データの解析を進めた。

高エネルギー光渦

田中 実は、笹尾 登 (岡山大) と共同で、軌道角運動量を持つ光 (光渦) の研究を進め、加速された水素様重イオンからの高エネルギー光渦の放射について明かにした。

ダークフォトン探索

田中 実は、芝野敦子と共同で、レーザーを用いたダークフォトン探索実験における検出器側空洞による増幅について、1+1 次元近似を用いることでその機構を調べた。

人工原子と基礎物理

田中 実は、吉見彰洋、吉村太彦 (共に岡山大) と共同で、半導体ナノ構造として実現されている人工原子を用いた基礎物理探求の可能性について検討した。特に、人工原子中の電子間の弱い相互作用によるパリティの破れ、および人工原子から電子のトンネリング現象における指数則からのずれについて調べた。

ウィルソンループからバルクを作る

AdS/CFT 対応では通例、バルクすなわち重力側が与えられた際に、境界の場の量子論での相関関数などが非摂動的に計算される。しかし、場の量子論の量が与えられたときに、それがバルクの重力時空をどんな風に作るのかは不明であり、AdS/CFT 対応の機構を解明する上で重要な問題となっている。橋本幸士は、場の量子論における長方形の Wilson ループの与えられた期待値から、バルクメトリックをホログラフィックに構築する公式を提供した。これは逆問題を解き重力時空を構築する一つの手法を与えている。また、その結果、どんな閉じ込め型のクォークポテンシャルでも必ずバルクの底が存在することが証明された。

カオスを伴わない非時間順序相関の指数関数的成長：逆調和振動子

橋本幸士と渡辺涼太は、GIST の K. B. Huh と K. Y. Kim と共同で、カオスのない系で時間的に指数関数的に成長する非時間順序相関 (OTOC) の詳細な検討を行った。系は、逆調和振動子を部分とするポテンシャルを持つ 1 次元量子力学である。温度がある閾値よりも高いときに、OTOC が指数関数的に成長することを数値的に観測した。そのリアプノフ指数は、ポテンシャルの頂上で生成される古典的なリアプノフ指数と同程度であることがわかり、高温でも消失しないことがわかった。ポテンシャルの様々な形状を採用し、これらの特徴が普遍的であることを見出した。この研究により、ポテンシャルが局所的な最大値を含む場合、熱的 OTOC の指数関数的な成長は必ずしもカオスを意味しないことが確認された。また、1 次元の一般的な量子力学における熱的 OTOC のリアプノフ指数の上限を示し、これは Maldacena, Shenker, Stanford によって得られたカオスの上限と同じ形であることを示した。

ディープラーニングと AdS/QCD

芥川哲也、橋本幸士、住本貴之は、ハドロンスペクトルのデータから AdS/QCD モデルを構築するための深層学習手法を提案した。一般的な AdS/QCD モデルの大きな問題点は、QCD の物理量をホログラフィックに計算するために使われるバルク重力メトリックに大きな曖昧さが許されていることである。我々は、 ρ 中間子と a_2 中間子の実験的に測定されたスペクトルを学習データとして採用し、AdS/QCD モデルのバルクメトリックとディラトン場の配位を具体的に決定する教師付き機械学習を行った。我々の深層学習 (DL) アーキテクチャは、AdS/DL 対応 (arXiv:1802.08313) に基づいており、深層ニューラルネットワークは創発バルク時空と同一視される。

シュヴァルツシルト・ブラックホールのアイランド (島)

橋本幸士、飯塚則裕、松尾善典は、4 次元以上の時空において、漸近的に平坦なシュヴァルツシルト・ブラックホールのページ曲線を研究した。ページ時間の前では、エンタングルメント・エントロピーは時間に対して線形に成長する。ページ時間後には、ブラックホール

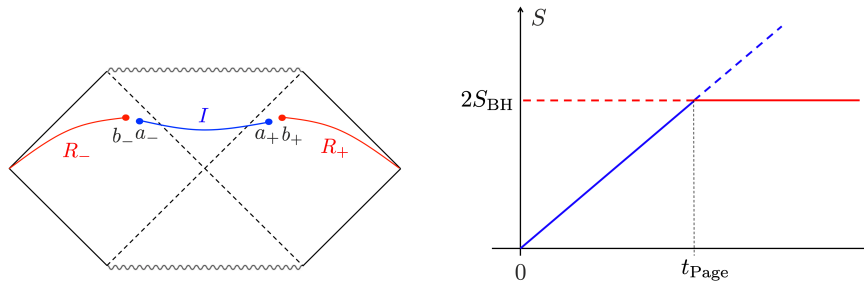


図 1.23: アイランドによるブラックホールの情報喪失問題の解決への示唆。左:シュバルツシルト・ブラックホールのペンローズ図の中に、アイランド (島) が “I” として示されている。このアイランドの位置と存在は、量子極局面の処方により決定される。右: アイランドの存在により、領域 R でのエンタングルメント・エントロピーすなわちホーキング輻射のエントロピーは、無限に増大するのではなく、ページ時間 t_{Page} 以降はベッケンシュタイン・ホーキングエントロピーすなわちブラックホールのエントロピー以上には増大しないことが示された。これは、量子重力理論のユニタリー性がアイランドにより回復することを示す。

の外側のある領域のエンタングルメント・エントロピーは、事象の地平線の外側付近まで広がるアイランド (島) の出現によって大きく変化する。その結果、エントロピーはベッケンシュタイン・ホーキング・エントロピーを再現する一定の値となり、ブラックホールのフォン・ノイマン・エントロピーの有限性と一致することを示した (図 1.23 参照)。ユニタリーな時間発展をする量子重力的なシュバルツシルド・ブラックホールが、半古典的な島で表されることが理解され、今後の量子ブラックホール研究のための基礎を提供した。

結合した調和振動子における非時間秩序相関関数

非時間順序相関関数 (OTOC) の指数関数的な成長は、重力双対の可能性を示す指標であり、その成長を示す簡単な量子トイモデルの探究が進んでいる。芥川哲也、橋本幸士、佐々木寿明、渡辺涼太は、OTOC の研究を行った。2つの調和振動子が非線形に結合した系を考え、熱的 OTOC が時間とともに指数関数的に成長することを数値的に観測した。この系は古典カオスであることがよく知られており、Yang-Mills-Higgs 理論の類似版である。この指数関数的成長は、熱的 OTOC の成長指数 (量子リアップノフ指数) が、古典的なりアップノフ指数とエネルギー・温度依存性を含めてよく一致していることから認められた。OTOC の指数関数的な成長があっても、エネルギー準位の間隔はウィグナー分布を判断するのに十分ではないため、OTOC は量子カオスのより良い指標となりうることを示唆される。

高次トポロジカル物質のユニバーサルな起源の解明

高次トポロジカル絶縁体 (HOTI)、すなわちコーナー状態を持つトポロジカル物質が発見されているが、一方で連続 5 次元の Weyl 半金属が一般的にコーナー状態を持つこと、4 次元のクラス A や 3 次元のクラス AIII のトポロジカル絶縁体でも同様に持つこと、が独自に橋本らによって発見されている (図 1.24 参照)。橋本幸士と松尾善典は、5 次元の Weyl 半金属が、次元を下げることで普遍的な高次トポロジーにつながることを確認した。まず、5 次元 Weyl 半金属を守る離散的な対称性を解明し、連続極限で 5 次元 Weyl 半金属を一般的

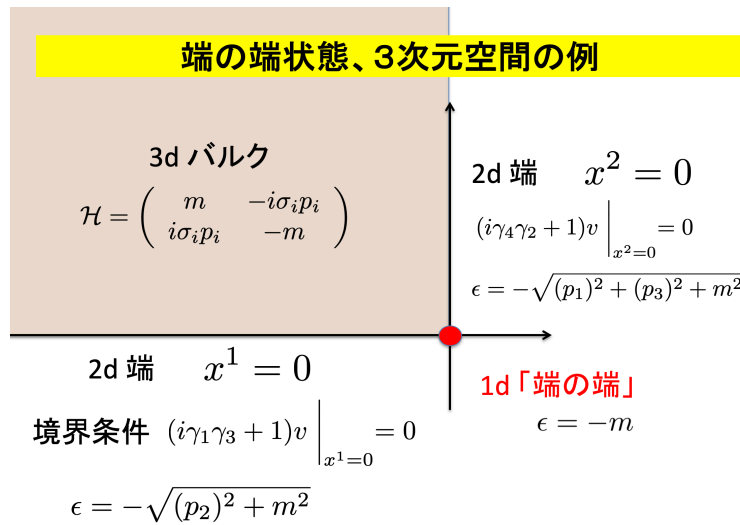


図 1.24: 予言されていたコーナー状態（「端の端状態」）の例。これらの例は全て、5次元の Weyl 半金属を適切に次元還元することで得られ、独立に提唱された高次トポロジカル物質の離散的ハミルトニアン of popular な例とは連続極限で一致することが示された。

な HOTI に次元還元する方法を示した。最も一般的な境界条件において、5次元 Weyl 半金属のエッジ状態が持つトポロジカル電荷が計算される。このトポロジカル電荷はディラックモノポールであり、これはエッジハミルトニアンが常に3次元 Weyl 半金属の形をしていることからわかる。このエッジトポロジーはコーナー状態を一般的に導くことから、HOTI におけるコーナー状態の物理構造的起源として5次元 Weyl 半金属が考えられることが示された。

物質におけるブラックホールからの脱出：II 型 Weyl 半金属と一般的なエッジ状態

II 型 Weyl 半金属は、ブラックホールの内部に似た、傾いた光円錐を持つバルク励起によって規定される。橋本幸士と松尾善典は、II 型 Weyl 半金属の Weyl ノード付近において、表面境界における一般的な境界条件を考慮し、ある境界条件においてはエッジ状態が「ブラックホール」の事象の地平面から脱出できることを示した。これは、II 型 Weyl 半金属による物質的な「ブラックホール」の実現には、境界条件の慎重な選択が必要であることを意味する。

s 波近似を用いた場合の蒸発するブラックホール時空の解析

松尾 善典は、Pei-Ming Ho (National Taiwan University)、横倉 祐貴 (理研 iTHEMS) と共同で、s 波近似を用いた場合において、真空の持つ負のエネルギーの効果を取り入れて、1 枚の薄い球殻状の物質の重力崩壊によって形成されるブラックホールが Hawking 輻射によって蒸発するまでの時空を解析的に記述した。この結果、ブラックホール蒸発まで物質はエネルギーを失わないが、trapping horizon からプランク長以内の距離に存在することが分かった。

2次元ブラックホールのアイランド (島)

姉川尊徳、飯塚則裕は、量子ブラックホールの情報損失の鍵となる問いである、ブラック

ホールの蒸発後に状態がどのように純粋状態にもどるか？ について研究した。ブラックホールが完全に蒸発した後ではホーキングの議論を適用すれば、状態は混合状態になる。一方、AdS/CFT などによる量子重力理論では、状態はユニタリーに発展し、状態が混合状態になることはない。このふるまいは、状態の密度行列から得られる von Neumann エントロピーが時間とともにどう発展するか（「ページ曲線」）を解析することにより理解できる。我々はこの問題を2次元 dilaton ブラックホールで解析した。このモデルは厳密な計算ができ、かつ問題の本質を取り出す優れたモデルである。結果、ブラックホールの蒸発がすすむと、ブラックホールの内部に、外部からその情報を量子もつれを通じて取り出せる領域（島）が発生し、結果状態が純粋状態のように発展することを実際のページ曲線の解析を通じて示した。これはブラックホールの量子論の基礎となる成果である。なお、本研究と本質的に同じ結果は、高次元シュヴァルツシルトブラックホールの方でも球対象の自由度が支配的になる近似を用いれば示すことができる。（橋本幸士、飯塚則裕、松尾善典）

ホログラフィーを用いた場の理論のエネルギー条件式

どのような場の理論が重力双対を持ち、AdS/CFT 対応を満たすかは長年の重要な問題である。本問題に対し、飯塚は、近畿大学の石橋明浩氏、芝浦工科大学の前田健吾氏とともに、重力双対を持つ場の理論がどのようなエネルギー条件を満たさなければいけないかを、双対な重力理論の因果律から制限を与えた。結果、ストレステンソルの null 方向の積分値が正でなければならないことが、重力双対の因果律から示された。この結果は、一般の次元の解析で量子 anomaly の効果もとりいれて解析した結果であり、場の理論のエネルギーについて重力理論の立場から整合性を与えた重要な成果である。

ワームホールと量子もつれ、およびそのほころび

ER=EPR (Einstein-Rosen-bridge=EPR pair) 予想によると、量子もつれはワームホールと双対である。逆に考えれば量子もつれがほころぶとき、ワームホールは切れてしまうのではないかと考えるのが自然である。しかしどのようにワームホールが時間発展し、きれるようになるのかは未解決問題だった。本研究では、京都大学の宇賀神知紀氏と玉岡幸太郎氏とともに姉川尊徳、飯塚則裕は、3次元で、出口が複数個あるワームホール解を構成し、かつその複数の出口のうち、量子もつれのほころびがどの出口間の通行を遮断しワームホールが切断されるかについて解析した。結果、量子もつれのほころびと、ワームホールの切断は完全に対応していることがわかった。これは上述の ER=EPR 予想をよりサポートする結果である。

スファレロンエネルギーとヒッグス自己結合定数

兼村晋哉と田中正法は、電弱相転移が1次的相転移となる場合に、スファレロンエネルギーの標準理論の変化分とヒッグスポテンシャルに含まれる自己3点結合の標準理論の予言からのずれが比例関係にあることを初めて見出した。この結果、将来の精密測定実験でヒッグス自己結合を測定することにより、スファレロンエネルギーに関する情報を得られる可能性を指摘した。

高エネルギーにおけるヒッグスセクターの大局的対称性と低エネルギーでの予言

愛甲将司と兼村晋哉は、超高エネルギー領域における標準理論を超える新物理理論の属性

の一部である対称性が、拡張ヒッグス模型のヒッグスポテンシャルが持つ大局的対称性として実験で到達できるエネルギー領域にあわられているという仮説に基づいて、高いスケールで課した対称性が低エネルギー領域に及ぼす影響を理論的に研究した。具体的にはヒッグス二重項2個の模型を用いて1ループレベルのくりこみ群方程式を解析し、高いスケールでツイステッドカストディアル対称性がヒッグスポテンシャルに存在する場合に低エネルギーでの振る舞いを研究した。その結果、ヒッグス結合定数に特徴のあるズレのパターンが生じることを明らかにした。

$U(1)_X$ ゲージ対称性とニュートリノ模型

Arindam Das, 榎本一輝, 兼村晋哉は、標準理論を超える新しい物理のパラダイムとして $U(1)_X$ ゲージ対称性を導入し、ニュートリノ質量と暗黒物質を説明するモデルを考案し、新しいゲージ場 Z' や3種類の右巻きニュートリノの性質を研究した。現状のニュートリノ実験、LHC 実験における制限と暗黒物質残存量などを解析し、実現可能なパラメータ領域を精査した。

古典的スケール不変性に基づく拡張理論におけるヒッグス自己結合の2ループ計算

Johannes Braathen, 兼村晋哉, 下田誠は、標準理論を超える新物理のシナリオとして、古典的スケール不変性に注目し、その最も顕著な性質であるヒッグスポテンシャルを理論的に研究した。とくに、有効ポテンシャル法に基づいてヒッグス自己結合に関する2ループ計算を世界で初めて実施し、1ループレベルではユニバーサルに70%程度の標準理論予言からのずれとされていた古典的スケール不変性に基づく計算が、2ループレベルではモデルの詳細の違いがはっきり現れてくる事を量的に見出した。

新しい複荷電スカラー場の模型とそのコライダー現象論

榎本一輝, 兼村晋哉, 片山兼渡は、ニュートリノ質量モデルなどで導入されるハイパーチャージ $3/2$ のアイソスピン二重項スカラーに注目し、その構成場である単荷電及び複荷電スカラー場の振る舞いを研究した。これらは、通常の拡張ヒッグス系で見られる単荷電、複荷電の場と大きく異なる性質を持つので、加速器実験でその存在を検証できれば、電弱対称性の破れの物理やニュートリノ質量問題の解決につながる。LHC 実験における単荷電と複荷電の随伴生成過程におけるシグナル、バックグラウンド解析を初めて行い、これらの粒子が電弱スケールに存在すれば、高輝度 LHC 等の実験で十分検出可能であることを示した。

学術雑誌に出版された論文

New scenario for aligned Higgs couplings originated from the twisted custodial symmetry at high energies

Masashi Aikou^d, Shinya Kanemura^s

Journal of High Energy Physics **2021**, 46 (2021)

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02\(2021\)046](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP02(2021)046)).

Higgs boson coupling as a probe of the sphaleron property

Shinya Kanemura^s, Masanori Tanaka^d

Phys. Lett. B **809**, (2020) 135711
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2020.135711>).

Probing charged lepton number violation via $\ell^\pm\ell^\pm W^\mp W^\mp$
 Mayumi Aoki, Kazuki Enomoto, Shinya Kanemura^s
 Phys. Rev. D **101** (2020) 115019
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.101.115019>).

Polarized initial states of primordial gravitational waves
 Sugumi Kanno^s, Jiro Soda
 Symmetry **12** (No.4, April) (2020) 672 1-8
<http://dx.doi.org/doi:10.3390/sym12040672>).

Noise and decoherence induced by gravitons
 Sugumi Kanno^s, Jiro Soda, Junsei Tokuda
 Phys. Rev. D **103** (No.4, February) (2021) 044017 1-14
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.103.044017>).

H-COUP Version 2: a program for one-loop corrected Higgs boson decays in non-minimal Higgs sectors
 Shinya Kanemura^s, Mariko Kikuchi, Kentarou Mawatari, Kodai Sakurai and Kei Yagyu^s,
 Comput. Phys. Commun. **257**, 107512 (2020)
<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.cpc.2020.107512>).

Radiative generation of neutrino masses in a 3-3-1 type model
 Arindam Das^{P,D}, Shinya Kanemura^s, Kazuki Enomoto^d and Kei Yagyu^s
 Phys. Rev. D **101**, no.9, 095007 (2020)
<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.101.095007>).

Aligned CP-violating Higgs sector canceling the electric dipole moment
 Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^d and Kei Yagyu^s
 J. High Energy Phys. **08**, 026 (2020)
[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP08\(2020\)026](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP08(2020)026)).

An explanation for the muon and electron $g - 2$ anomalies and dark matter
 Kai-Feng Chen, Cheng-Wei Chiang and Kei Yagyu^s
 J. High Energy Phys. **09**, 119 (2020)
[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09\(2020\)119](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09(2020)119)).

Dark matter in minimal dimensional transmutation with multicritical-point

principle

Yuta Hamada, Hikaru Kawai, Kin-ya Oda^s and Kei Yagyu^s
J. High Energy Phys. **01**, 087 (2021)
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01\(2021\)087](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01(2021)087)).

Probing extended Higgs sectors by the synergy between direct searches at the LHC and precision tests at future lepton colliders

Masashi Aikou^d, Shinya Kanemura^s, Mariko Kikuchi, Kentarou Mawatari, Kodai Sakurai and Kei Yagyu^s
Nucl. Phys. B **966**, 115375 (2021)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysb.2021.115375>).

Wilson-'t Hooft lines as transfer matrices

Kazunobu Maruyoshi, Toshihiro Ota^{DC}, Junya Yagi
JHEP 01 (2021) 072
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01\(2021\)072](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01(2021)072)).

Towards fully nonperturbative computations of inelastic ℓN scattering cross sections from lattice QCD

Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Takashi Kaneko, Hiroshi Ohki
Phys. Rev. D **102** (No. 11, Dec.) (2020) 114516
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.102.114516>).

Escape from black hole analogs in materials: Type-II Weyl semimetals and generic edge states

Koji Hashimoto^s, Yoshinori Matsuo^s
Phys. Rev. B **102** (no.19, November) (2020) 195128
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.102.195128>).

Universal higher-order topology from a five-dimensional Weyl semimetal: Edge topology, edge Hamiltonian, and a nested Wilson loop

Koji Hashimoto^s, Yoshinori Matsuo^s
Phys. Rev. B **101** (no.24, June) (2020) 245138
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.101.245138>).

Islands in Schwarzschild black holes

Koji Hashimoto^s, Norihiro Iizuka^s, Yoshinori Matsuo^s
JHEP **06** (2020) (June) (2020) 085
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP06\(2020\)085](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP06(2020)085)).

Out-of-time-order correlator in coupled harmonic oscillatorsTetsuya Akutagawa^d, Koji Hashimoto^s, Toshiaki Sasaki^m, Ryota Watanabe^mJHEP **08** (2020) (August) (2020) 013[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP08\(2020\)013](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP08(2020)013)).**Deep Learning and AdS/QCD**Tetsuya Akutagawa^d, Koji Hashimoto^s, Takayuki Sumimoto^dPhys. Rev. D **102** (no.2, July) (2020) 026020<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.102.026020>).**Exponential growth of out-of-time-order correlator without chaos: inverted harmonic oscillator**Koji Hashimoto^s, K. B. Huh, K. Y. Kim, Ryota Watanabe^mJHEP **11** (2020) (November) (2020) 068[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11\(2020\)068](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11(2020)068)).**Building bulk from Wilson loops**Koji Hashimoto^sProg. Theor. Exp. Phys. **2021** (2, February) (2021) 023B04<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptaa183>).**Effective potential and universality in GUT-inspired gauge-Higgs unification**S. Funatsu, H. Hatanaka, Yutaka Hosotaniⁱ, Y. Orikasa, and N. YamatsuPhys. Rev. D **102** (No. 1, July) (2020) 015005 1-14<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.102.015005>).**Fermion pair production at e^-e^+ linear collider experiments in GUT inspired gauge-Higgs unification**S. Funatsu, H. Hatanaka, Yutaka Hosotaniⁱ, Y. Orikasa, and N. YamatsuPhys. Rev. D **102** (No. 1, July) (2020) 015029 1-25<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.102.015029>).**Notes on islands in asymptotically flat 2d dilaton black holes**Takanori Anegawa^m, Norihiro Iizuka^sJHEP **07** (2020) (July) (2020) 036[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07\(2020\)036](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07(2020)036)).**The averaged null energy conditions in even dimensional curved spacetimes from AdS/CFT duality**Norihiro Iizuka^s, Akihiro Ishibashi, Kengo Maeda

JHEP **10** (2020) (October) (2020) 106

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10\(2020\)106](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10(2020)106)).

Wormholes and holographic decoherence

Takanori Anegawa^m, Norihiro Iizuka^s, Kotaro Tamaoka, Tomonori Ugajin

JHEP **03** (2021) (March) (2020) 214

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03\(2021\)214](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP03(2021)214)).

Analytic description of semiclassical black-hole geometry

Pei-Ming Ho, Yoshinori Matsuo^s, Yuki Yokokura

Phys. Rev. D **102** (Issue 2, July) (2020) 024090

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.102.024090>).

Relativistic effects in the search for new intra-atomic force with isotope shifts

Minoru Tanaka^s, Yasuhiro Yamamoto

Prog. Theor. Exp. Phys. **2020** (10, Oct.) (2020) 103B02 1–12

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptaa121>).

Thouless-Kohmoto-Nightingale-den Nijs formula for a general Hamiltonian

Hidenori Fukaya^s, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s, Xi Wu

Phys. Rev. D **101** (7, April) (2020) 074507

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.101.074507>).

The Atiyah-Patodi-Singer Index and Domain-Wall Fermion Dirac Operators

Hidenori Fukaya^s, Mikio Furuta, Shinichiroh Matsuo, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s and Mayuko Yamashita

Commun.Math.Phys. **380** (3, August) (2020) 1295-1311

(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s00220-020-03806-0>).

The Atiyah-Patodi-Singer index on a lattice

Hidenori Fukaya^s, Naoki Kawai^d, Yoshiyuki Matsuki^{DC}, Makito Mori, Katsumasa Nakayama, Tetsuya Onogi^s and Satoshi Yamaguchi^s

Prog. Theor. Exp. Phys. **2020** (4, April) (2020) 043B04

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptaa031>).

What does a quantum black hole look like?

Sinya Aoki, Tetsuya Onogi^s and Shuichi Yokoyama

Phys. Lett.B **814** (10, March) (2021) 136104

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2021.136104>).

国際会議報告等**A physicist-friendly reformulation of the Atiyah-Patodi-Singer index and its mathematical justification**

Hidenori Fukaya^{s*}, Mikio Furuta, Shinichiroh Matsuo, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s, Mayuko Yamashita

PoS LATTICE2019 **363** (No.4, Aug.) (2020) 061.

37th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2 019) (June. 2019, 参加者数約 350 名).xxx

 $B \rightarrow D^{(*)} \ell \nu$ form factors from lattice QCD with relativistic heavy quarks

T. Kaneko^{*}, Y. Aoki, G. Bailas, B. Colquhoun, Hidenori Fukaya^s, S. Hashimoto, J. Koponen (JLQCD Collaboration)

PoS LATTICE2019 **363** (No.4, Aug.) (2020) 139.

37th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2 019) (June. 2019, 参加者数約 350 名).xxx

Axial U(1) symmetry and mesonic correlators at high temperature in $N_f = 2$ lattice QCD

Kei Suzuki^{*}, Sinya Aoki, Yasumichi Aoki, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Christian Rohrhofer^s (JLQCD Collaboration)

PoS LATTICE2019 **363** (No.4, Aug.) (2020) 178.

37th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2 019) (June. 2019, 参加者数約 350 名).xxx

Symmetries of the Light Hadron Spectrum in High Temperature QCD

Christian Rohrhofer^{s*}, Y. Aoki, G. Cossu, Hidenori Fukaya^s, C. Gattringer, L.Ya. Glozman, S. Hashimoto, C.B. Lang, K. Suzuki

PoS LATTICE2019 **363** (No.4, Aug.) (2020) 227.

37th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2 019) (June. 2019, 参加者数約 350 名).xxx

A lattice formulation of the Atiyah-Patodi-Singer index

Hidenori Fukaya^s, Naoki Kawai^{d*}, Yoshiyuki Matsuki^{DC}, Makito Mori, Katsumasa Nakayama, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s

PoS **363**, LATTICE2019 (August) (2019) 149.

37th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2019) (June. 2019, 参加者数約 350 名).xxx

A Composite 2-Higgs Doublet Model

Stefania De Curtis, Luigi Delle Rose^{*}, Stefano Moretti and Kei Yagyu^s

PoS (2020) 344.

EPS-HEP2019.xxx

TKNN formula for general lattice Hamiltonian in odd dimensions

Hidenori Fukaya^s, Tetsuya Onogi^{s*}, Satoshi Yamaguchi^s, Xi Wu

PoS **363, LATTICE2019** (August) (2019) 052.

37th International Symposium on Lattice Field Theory (LATTICE2019), (Jun. 2019, 参加者 354 名).xxx

国際会議における講演等

Two-loop corrections to the Higgs trilinear coupling in models with extended scalar sectors

Johannes Braathen^{PD*}, Shinya Kanemura^s

ICHEP2020 -40th International Conference on High Energy Physics (virtual conference/organised in Prague, Czech Republic, July 28-August

6, 2020, 参加者数約 3000 名)

New scenario for aligned Higgs couplings originated from the twisted custodial symmetry at high energies

Masashi Aikou^{d*}, Shinya Kanemura^s

International Workshop on Future Linear Colliders, LCWS 2021 (Online, March 15-18, 2021, 参加者約 850 名)

Probing charged lepton number violation via $\ell^\pm \ell'^\pm W^\mp W^\mp$

Mayumi Aoki, Kazuki Enomoto^{d*}, Shinya Kanemura^s

Snowmass, The Energy Frontier, Preparatory Joint Sessions on “Open questions and New Ideas” (online, July 7-9, 2020)

What is chiral susceptibility probing?

Hidenori Fukaya^{s*}

Asia-Pacific Symposium for Lattice Field Theory (on-line, Aug. 4-7, 2020, 参加者数約 330 名)

Topological excitation in high temperature phase of Quantum Chromodynamics

Hidenori Fukaya^{s*}

CCS International Symposium 2020 (on-line, Oct 6, 2020, 参加者約 100 名)

A physicist-friendly reformulation of the mod-two APS indexHidenori Fukaya^{s*}

Strings and Fields 2020 (on-line, Nov. 16-20, 2020, 参加者約 200 名)

Higgs coupling as a probe of sphaleron propertiesShinya Kanemura^{s*}

KEK-PH Lectures and Workshops, (at KEK, Japan, Aug. 4-5, 2020, 参加者数約 200 名)

Higgs self-couplings for extended Higgs sectorsShinya Kanemura^{s*}

2020 International Workshop on CEPC (at Shanghai, China, Oct. 26-29, 2021, 参加者数約 200 名)

Triple Higgs couplings in BSM models at higher-ordersShinya Kanemura^{s*}

4th FCC Physics and Experiments Workshop (at CERN (Online), Switzerland, 10-13 November 2020, 参加者数約 400 名)

Higgs as a Probe of New PhysicsShinya Kanemura^{s*}

上海交通大学-大阪大学交流研究会, (at Shanghai/Osaka (Online) Nov. 30, 参加者数約 50 名)

Higgs Precision calculations for e+e- collidersShinya Kanemura^{s*}

International Workshop on Future Linear Colliders, LCWS2021 (at Zurich (online), Switzerland, Mar. 15-18, 2021, 参加者数約 400 名)

LHC/ILC Synergy for Exploring Extended Higgs SectorsKei Yagyu^{s*}

Snowmass, Energy Frontier, USA, Jul. 8th, 2020

LHC/ILC Synergy for Exploring Extended Higgs SectorsKei Yagyu^{s*}

High Energy Frontier in Particle Physics: LHC and Future Collider, Taiwan, Oct. 5th, 2020

Neutrino Physics and Beyond the SMKei Yagyu^{s*}

Exchange program between Osaka U. and Shanghai Jiao Tong U., China, Nov. 30th, 2020

H-COUP: Towards determination of the Higgs sector via radiative corrections and future precision measurements

Kei Yagyu^{s*}

HPNP2021, Special Edition, Japan, Mar. 27th, 2021

A physicist-friendly reformulation of the mod-two Atiyah-Patodi-Singer index

Hidenori Fukaya^s, Mikio Furuta, Yoshiyuki Matsuki^{DC*}, Shinichiroh Matsuo, Tetsuya Onogi^s, Satoshi Yamaguchi^s, Mayuko Yamashita

Asia-Pacific Symposium for Lattice Field Theory (APLAT 2020) (Japan, Aug. 4-7, 2020, 参加者数約 330 名)

Islands in Schwarzschild black holes

Yoshinori Matsuo^{s*}

Strings and Fields 2020 (YITP, Kyoto U. (online), Nov. 16-20, 424 participants)

Islands in Schwarzschild black holes

Yoshinori Matsuo^{s*}

KEK Theory Workshop 2020 (KEK (online), Dec. 15-18, 192 participants)

Aligned CP-violating Higgs Model Canceling the Electric Dipole Moment

Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^{d*}, Kei Yagyu^s

Preparatory Joint Sessions on "Open questions and News Ideas" (at Online, Jul. 7-8, 2020, 参加者数約 63 名)

Testing CP violating Higgs sectors at the International Linear Collider

Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^{d*}, Kei Yagyu^s

International Workshop on Future Linear Colliders (at Online, Mar. 15-18, 2021, 参加者数約 847 名)

Wilson-'t Hooft lines as transfer matrices

Toshihiro Ota^{DC*}

KEK Theory workshop 2020 (at KEK Theory Center, Tsukuba, Japan, December 15-18, 2020, 参加者数約 200 名)

Topological excitation in high temperature phase of Quantum Chromodynamics

Hidenori Fukaya^{s*} (invited)

The Seventh Project Report Meeting of the HPCI System Including K computer (on-line, Oct. 30, 2020, 参加者約 50 名)

Nuclear states and spectra in holographic QCDKoji Hashimoto^{s*} (invited)

Online workshop "Applications of gauge topology, holography and string models to QCD"
 (Simons Center for Geometry and Physics, 30 Jul 2020, 30 participants)

Building Bulk from Wilson LoopsKoji Hashimoto^{s*} (invited)

APCTP online workshop "Quantum Matter and Quantum Information with Holography"
 (APCTP, 29 Aug 2020, 50 participants)

Quantum chaos and black holesKoji Hashimoto^{s*} (invited)

"distinguished lecture" at APCTP-KPS-JPS meeting in KPS Autumn meeting 2020 (on-
 line, 6 Nov 2020, 100 participants)

The Birth of the Nobel Prize in Japan – Hideki Yukawa and Osaka UniversityYutaka Hosotani^{z*} (invited)

HPNP2021, (online, March 25 - 27, 2021, 250)

ANEC!? No! It's CANEC!Norihiro Iizuka^{s*} (invited)

APCTP online workshop "Quantum Matter and Quantum Information with Holography"
 (APCTP, 23 Aug 2020, 50 participants)

ANEC!? No! It's CANEC!Norihiro Iizuka^{s*} (invited)

KIAS Autumn Symposium on String Theory (online)" (KIAS, 22 Sep 2020, 70 partici-
 pants)

Islands and the Page curve in asymptotically flat spacetime black holesNorihiro Iizuka^{s*} (invited)

APCTP online workshop "String theory, gravity, and cosmology (SGC 2020)" (APCTP,
 20 Nov 2020, 50 participants)

Noise and decoherence induced by gravitonsSugumi Kanno^{s*} (invited)

Recent progress in theoretical physics based on quantum information theory (at YITP,
 JAPAN, Mar. 1-5, 2021, 参加者数約 477 名)

Atiyah-Patodi-Singer index from the domain-wall Dirac operatorSatoshi Yamaguchi^{s*} (invited)

Rikkyo MathPhys 2021 (at Rikkyo University, Japan, January 9-10, 2021, 参加者数約 200 名)

New scenario for aligned Higgs couplings originated from the twisted custodial symmetry at high energies (poster)Masashi Aikou^{d*}, Shinya Kanemura^s

Higgs as a Probe of New Physics 2021 (Online, March, 25-27, 2021, 参加者数約 230 名)

Probing charged lepton number violation via $ll'WW$ (poster)Mayumi Aoki, Kazuki Enomoto^{d*}, Shinya Kanemura^s

The 5th International Workshop on "Higgs as a Probe of New Physics" Special Edition 2021 (online, March 25-27, 2021, 参加者約 250 名)

Phenomenology of doubly charged scalar bosons from the isospin doublet (poster)Kazuki Enomoto^d, Shinya Kanemura^s, Kento Katayama^{m*}

The 5th International Workshop on "Higgs as a Probe of New Physics" Special Edition 2021, (online, Mar. 25-27, 2021, 参加者約 250 名)

Testing CP violating Higgs sectors at the International Linear Collider (poster)Shinya Kanemura^s, Mitsunori Kubota^{d*}, Kei Yagyu^s

Higgs as a Probe of New Physics (at Online, Mar. 25-27, 2021, 参加者約 250 名)

Geometry from flow equation - Does CFT at finite T give AdS blackhole? - (poster)Sinya Aoki, Tetsuya Onogi^{s*} and Shuichi Yokoyama

YITP workshop on Strings and Fields 2020 (at Kyoto, Japan, Nov. 16, 2020, 参加者約 424 名)

Wilson-'t Hooft lines as transfer matrices (poster)Toshihiro Ota^{DC*}

Strings and Fields 2020 (at Yukawa Institute, Kyoto, Japan, November 16-20, 2020, 参加者数約 200 名)

Two loop corrections to the Higgs self-coupling in classical scale invariant models (poster)Johannes Braathen^{PD}, Shinya Kanemura^s, Makoto Shimoda^{m*}

HPNP2021: The 5th International Workshop on "Higgs as a Probe of New Physics"

(Online, March 25-27, 2021, 参加者数約 250 名)

Decoupling behavior of the sphaleron decoupling condition (poster)

Masanori Tanaka^{d*}

The 5th International Workshop on "Higgs as a Probe of New Physics" Special Edition 2021 (Online, Mar. 25-27, 2021, 参加者 250 名)

Chaos and scrambling in simple quantum mechanical systems via OTOC (poster)

Ryota Watanabe^{m*}

YITP workshop on Strings and Fields 2020 (online, Nov. 16-20, 2020, 参加者数約 400 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

拡張ヒッグスポテンシャルにおける大局的対称性のスケール依存性と現象論

愛甲 将司^{d*}、兼村 晋哉^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

$e^+e^- \rightarrow hZ$ 過程の電弱精密計算による拡張ヒッグス模型の間接的探索

愛甲 将司^{d*}、兼村 晋哉^s、馬渡健太郎

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

レプトン数保存則を破る高次元演算子のくりこみを用いた摂動論

榎本 一輝^{d*}、兼村 晋哉^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

レプトン数を破る高次元演算子のくりこみとその現象論

榎本 一輝^{d*}、兼村 晋哉^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

質量を持つフェルミオンで理解する指数定理

深谷 英則^{s*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 - 9 月 17 日)

Axial U(1) anomaly in 2+1-flavor lattice QCD at high temperature near the physical point

青木慎也, 青木保道, 深谷 英則^{s*}, 橋本省二, 金森逸作, 金児隆志, 中村宜文, Christian Rohrhofer^s, 鈴木溪 (JLQCD Collaboration)

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

量子重力理論の発展とブラックホール橋本 幸士^{s*} (invited)

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

単純な量子力学系における非時間順序相関関数とカオス芥川 哲也^d, 橋本 幸士^s, 佐々木 寿明^m, 渡辺 涼太^{m*}

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

高次トポロジカル物質と超弦理論橋本 幸士^{s*} (invited)

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

Islands in Schwarzschild black holes橋本 幸士^s, 飯塚 則裕^s, 松尾 善典^{s*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

The effective potential and universality in GUT inspired gauge-Higgs unification細谷 裕^{i*}, 幡中久樹, 折笠雄太, 船津周一郎, 山津直樹

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

Left-right phase transition in gauge-Higgs unification細谷 裕^{i*}, 幡中久樹, 折笠雄太, 船津周一郎, 山津直樹

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

スケール不変な拡張ヒッグス模型における 2 ループ有効ポテンシャルと電弱対称性の自発的破Johannes Braathen^{PD}, 兼村 晋哉^s, 下田 誠^{m*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

 $e^+e^- \rightarrow hZ$ 過程の電弱精密計算による拡張ヒッグス模型の間接的探索愛甲 将司^{d*}, 兼村 晋哉^s, 馬渡健太郎

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

アイソスピン二重項由来の複荷電スカラー粒子と将来実験での検証榎本 一輝^d, 片山 兼渡^{m*}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

アイソスピン二重項由来の複荷電スカラー粒子と将来実験での検証 II榎本 一輝^d, 片山 兼渡^{m*}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

LHCにおける付加的スカラー粒子の直接探索と ILC でのヒッグス粒子の精密測定の相乗効果

柳生 慶^{s*}, 愛甲 将司^d, 兼村 晋哉^s, 菊地真理子, 馬渡健太郎, 桜井巨大

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

Dark Sector as Origin of Lepton Mass Hierarchy

柳生 慶^{s*}, Kai-Feng Cheng, Cheng-Wei Chiang

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

Neutrino and Higgs

Kei Yagyu^{s*}

28th New Higgs Working Group, 2020年10月31日

物理屋でもわかる mod-two APS 指数定理

深谷 英則^s, 古田幹雄, 松木 義幸^{DC*}, 松尾信一郎, 大野木 哲也^s, 山口 哲^s, 山下真由子

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

Hofstadter butterfly 上のフラクタル欠陥状態

松木 義幸^{DC*}, 池田一毅, 越野幹人

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

Islands and stretched horizon

松尾 善典^{s*}

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

人工原子における電子間相互作用によるパリティの破れ

田中 実^{s*}, 吉見彰洋, 吉村太彦

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

加速された水素様重イオンからの高エネルギー光渦の放射

田中 実^{s*}, 笹尾 登

日本物理学会 2020年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020年9月14日 - 9月17日)

CP-violating Higgs model canceling the electric dipole moment

兼村 晋哉^s, 久保田 充紀^{d*}, 柳生 慶^s

基研研究会 素粒子物理学の進展 2020 (於 オンライン、2020年8月31日 - 9月4日)

重いヒッグス粒子の生成・崩壊を用いた CP の破れの探索

兼村 晋哉^s, 久保田 充紀^{d*}, 柳生 慶^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

ILC 実験における重いヒッグス粒子の生成と崩壊を用いた CP の破れの探索

兼村 晋哉^s, 久保田 充紀^{d*}, 柳生 慶^s

ILC 夏の合宿 2020 (於 オンライン、2020 年 9 月 23 日 – 9 月 25 日)

Baryogenesis and Higgs

兼村 晋哉^s, 久保田 充紀^{d*}, 柳生 慶^s

New Higgs Working Group 28 (於 オンライン、2020 年 10 月 31 日)

2HDM canceling EDM

兼村 晋哉^s, 久保田 充紀^{d*}, 柳生 慶^s

New Higgs Working Group 29 (於 オンライン、2021 年 1 月 12 日)

CP を破る新しい拡張ヒッグス模型におけるバリオン数生成の ILC での検証

兼村 晋哉^s, 久保田 充紀^{d*}, 柳生 慶^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

スケール不変な拡張ヒッグス模型における 2 ループ有効ポテンシャルと電弱対称性の自発的破れ

Johannes Braathen^{PD}, 兼村 晋哉^s, 下田 誠^{m*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

ヒッグス自己結合とスファレロン

田中 正法^{d*}

基研研究会 素粒子物理学の進展 2020(於 オンライン、2020 年 8 月 31 日-9 月 4 日)

ヒッグス自己結合の測定を通じたスファレロンの性質の検証

Masanori Tanaka^{d*}

Summer camp on ILC accelerator, physics and detectors2020 [Online] (於 オンライン、2020 年 9 月 23 日-9 月 25 日)

新物理模型における初期宇宙スファレロンとヒッグス 3 点結合による検証

田中 正法^{d*}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

拡張ヒッグスモデルにおけるスファレロン脱結合条件

田中 正法^{d*}, 兼村 晋哉^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事**Atiyah - Patodi - Singer の指数定理——素粒子・物性・数学の交叉点**深谷 英則^s、大野木 哲也^s、山口 哲^s

日本物理学会誌 (2020年4月発行, 210頁)

Deep learning and physicsAkinori Tanaka, Akio Tomiya, Koji Hashimoto^s

Springer, (2021年3月発行, 207頁)

数理科学 2021年1月号 時空概念と物理学の発展 一般相対性理論から時空創発へ 『ゲージ理論から時空へ～ホログラフィー原理～』橋本 幸士^s

サイエンス社, (2020年12月15日発行, 7頁)

1.10 原子核理論グループ

令和二年度の研究活動概要

相対論的重イオン衝突における QCD 臨界点探索

超高温・高密度環境下における QCD 相構造の探索は高エネルギー原子核衝突実験の究極的な目標の一つである。近年、イベント毎解析で観測される保存電荷ゆらぎの研究が、QCD 相構造の探索に有用な実験的観測量として実験・理論の双方から活発に行われている。北沢は、筑波大学の野中、江角と共に、原子核衝突実験でゆらぎ観測を行う際の、検出器の特性がもたらす観測結果への歪みの効果を補正する議論の精密化に取り組んでいる。本年度は、pileup と呼ばれる衝突事象が重複するイベントの効果を補正する議論を行った。また、北沢は、フランス SUBATECH の Bluhm, Nahrgang らと共に、確率論的拡散方程式を用いて保存電荷ゆらぎの時間発展を記述する研究を行っている。QCD 臨界点や、高密度での存在が予言される一次相転移の周辺で異常な振る舞いをするのが期待される保存電荷高次キュムラントの動的時間発展を記述する定式化や、この方程式を安全かつ高速に処理する数値アルゴリズムの開発、時空の離散化に伴って現れるくりこみの問題の処方などに取り組んでいる。

西村、北沢は、京都大学の国広と共に、高エネルギー原子核衝突実験でカラー超伝導を観測するための物理量の解析に取り組んだ。カラー超伝導の臨界温度周辺でクォーク対場のゆらぎが成長した場合に、ゆらぎの崩壊が原子核衝突実験の観測量であるレプトン対生成にもたらす効果を Aslamasov-Larkin 項を計算することで評価し、低不変質量領域に顕著な増大が現れることを示した。

陽子加速器 J-PARC の加速器群を用いて重イオン加速を行い重イオン衝突実験を実現する計画「J-PARC 重イオン計画 (J-PARC-HI) が近年国内で議論されている。北沢は、この計画の中心メンバーとして J-PARC-HI の実現に向けた検討・議論や勉強会の開催、執筆などに取り組んでいる。

格子 QCD 数値シミュレーション

格子 QCD 数値シミュレーションは、QCD の非摂動的性質を第一原理的に理解する現状唯一の手段であり、高エネルギー原子核衝突実験と並ぶ原子核理論研究グループの主要研究課題である。我々は、勾配流法と呼ばれる手法を用いて、格子ゲージ理論上でのエネルギー運動量テンソルを解析する研究を行ってきた。柳原、北沢、浅川は、理研の初田と共同で、非閉じ込め相に静的なクォーク荷が置かれたとき、その周辺に作られる応力構造を解析する研究を行った。これにより、QED では観測できない各チャンネルの絶対値の分離など、非可換ゲージ理論特有の興味深い現象が現れることを示した。また、この結果を使って遮蔽質量や running coupling の振る舞いなどを調べた。北沢は、筑波大の金谷、谷口、新潟大の江尻、九州大の鈴木、広島大の梅田らで構成される WHOT-QCD 共同研究において、勾配流法をフル QCD 数値解析に適用し、熱力学量を測定する研究を行っている。本年度は、解析で用いる摂動展開の係数を高次に拡張し、より安定な熱力学量の解析を実現した。また、この手法を SU(3) ゲージ理論の有限温度一次相転移に適用し、共存状態における圧力差が生

しないことの確認や、準安定状態の熱力学量の解析などを行った。また、現実的なクォーク質量での熱力学量の測定、相関関数の測定などの解析を進めた。

北沢は、阪大RCNPの河野らと共に、非可換ゲージ理論のゲージ配位が持つトポジカル電荷を機械学習を用いて推定する研究を行った。勾配流変換をわずかに施したゲージ配位上での観測量を入力として畳み込みニューラルネットワークを学習させることにより、95%以上の高い正答率で効率的にトポジカル電荷を特定するネットワークが構築できることを示した。また、空間次元縮約に対する正答率の依存性などを詳細に調べた。

大島と北沢は、格子ゲージ理論の数値計算におけるゲージ固定反復アルゴリズムの改善に取り組んだ。非可換ゲージ理論での解析の準備的研究としてU(1)ゲージ理論におけるゲージ固定を調べたところ、反復アルゴリズムの実行中にトポジカルな構造(Dirac弦)が出現し、これが収束性悪化の原因となることを突き止めた。さらに、SU(2)ゲージ理論におけるゲージ固定の問題にも取り組んでいる。

伊藤と北沢は、量子場の理論に現れるソリトンの構造の周辺のエネルギ運動量テンソル(EMT)分布を調べる研究に取り組んだ。 ϕ^4 理論に現れるソリトン壁に注目し、壁の両端を固定した境界条件においてEMTの分布を量子的に計算することにより、量子論における壁の量子振動がEMT分布にもたらす効果を調べている。今後、格子QCD数値計算で得られるEMT分布との比較を行うことを予定している。

クォーク・グルーオン・プラズマ中の量子開放系としてのクォーコニウム

クォーク・グルーオン・プラズマ中のクォーコニウムを量子開放系として記述し、実験解析に応用する研究が盛んに行われている。阪大グループは人的資源が限られているため、流体モデルなどと組み合わせて実験データと比較するような最先端の応用研究ではなく、むしろ基礎的な領域で独自性を出す方向で取り組んでいる。

赤松はクォーク・グルーオン・プラズマ中のクォーコニウムの量子ブラウン運動を記述するLindblad方程式を系統的に調べ上げた。クォーコニウムの半径に応じて適用可能な重クォークの有効理論が異なっている。ポテンシャル非相対論的QCD(pNRQCD)は半径が小さい場合のみ適用可能であるが、Lindblad方程式を非摂動的に導出することが可能であるという利点を持つ。一方、非相対論的QCD(NRQCD)は半径に関する制約はないが、相互作用が小さい時にのみLindblad方程式が導出可能であるという限定がある。これらの有効理論が共通して適用可能な領域、すなわち弱結合であり、かつクォーコニウムの半径が小さい場合には、2つのLindblad方程式はほぼ同じものになることが示された。クォーコニウムの半径を十分に小さくとると、もはや量子ブラウン運動では記述できなくなり、さらに重要なことに、量子開放系で知られている近似方法(微分展開、回転波近似)がどれも使えなくなる。この領域をLindblad方程式を用いて記述し、その古典極限でボルツマン方程式を導くという先行研究があったが、その最初のステップはwell-definedではなく、本質は古典近似にあることを指摘した。

三浦、赤松、浅川は、クォークグルーオンプラズマ中でのクォーコニウムの相対運動のダイナミクスを量子開放系理論に基づいて議論した。具体的には、そのダイナミクスをLindblad型と呼ばれるマスター方程式で記述し、それをQuantum State Diffusionと呼ばれる手法

を用いて数値解析した。カラー自由度を含めた量子散逸が相対運動に与える寄与について焦点を当てた解析を進めた。量子散逸により熱平衡化や平衡状態のボルツマン分布が得られたのみならず、1重項と8重項の密度行列が時間発展しデコヒーレンスを受けていく様子まで詳細に明らかにした。

赤松、浅川、梶本は、確率論的ポテンシャル模型を $SU(N_c)$ のカラー自由度を含む形に拡張し、クォークoniumのカラー1重項 $\cdot (N_c^2 - 1)$ 重項状態のダイナミクスを対称性の観点から解析した。特に、カラー $SU(2)$ の数値計算ではパリティが保存するという結果が得られていたが、電荷共役変換を拡張した離散的な対称性が背後にあることを突きとめた。この対称性は $SU(2)$ 代数の擬実性に由来しており、カラーの数が2の場合にだけ存在する。

強磁場中のカイラル対称性の破れ

1次元クーロンポテンシャルの下で、電子の最低束縛エネルギーは負の無限大になるという特異性が知られている。肥後本、浅川、赤松は、この状況が原子核分野で実現するならば、クォーク対が強く束縛しカイラル対称性の破れの指標であるカイラル凝縮の極端な増大が確認できるのではないかと考えた。1次元系は非常に強い磁場を加えることによって擬似的に実現されるので、カイラル凝縮の磁場依存性の強磁場極限に注目した。また、クォーク間相互作用が短距離領域でクーロンのような振る舞いであることがどのように磁気触媒作用に影響を及ぼすかを調べるため、本研究では短距離領域のみに注目し、tree-levelのグルーオン交換の相互作用によるギャップ方程式を解析した。その結果、短距離領域でのクーロンのような相互作用による、カイラル凝縮が異常に増大するような特異性は確認されなかったが、NJLモデルと比較して磁場依存性の乗数が大きいことが分かった。

学術雑誌に出版された論文

$N_f = 2 + 1$ QCD thermodynamics with gradient flow using two-loop matching coefficients

Y. Taniguchi, S. Ejiri, K. Kanaya, M. Kitazawa^s, H. Suzuki, T. Umeda

Phys. Rev. D **102** (Iss. 1, Jul.) (2020) 059903 1-25

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.102.059903>).

Dynamics of critical fluctuations: Theory - phenomenology - heavy-ion collisions

M. Bluhm, M. Kitazawa^s, *et al.*

Nucl. Phys. A **1003** (Nov.) (2020) 122016 1-64

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysa.2020.122016>).

Pileup corrections on higher-order cumulants

T. Nonaka, M. Kitazawa^s, S. Esumi

Nucl. Instrum. Methods A **984** (Iss. 21, Dec.) (2020) 164632 1-9
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2020.164632>).

Distribution of Energy-Momentum Tensor around a Static Quark in the Deconfined Phase of SU(3) Yang-Mills Theory

R. Yanagihara^d, M. Kitazawa^s, M. Asakawa^s, T. Hatsuda
Phys. Rev. D **102** (Iss. 11, Dec.) (2020) 114522 1-12
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.102.114522>).

Latent heat and pressure gap at the first-order deconfining phase transition of SU(3) Yang-Mills theory using the small flow-time expansion method

M. Shirogane, S. Ejiri, R. Iwami, K. Kanaya, M. Kitazawa^s, H. Suzuki, Y. Taniguchi, T. Umeda
Prog. Theor. Exp. Phys. **2021** (Iss. 1, Jan.) (2021) 013B08 1-26
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptaa184>).

Trace preserving quantum dynamics using a novel reparametrization-neutral summation-by-parts difference operator

O. Ålund, Y. Akamatsu^s, F. Laurén, T. Miura^d, J. Nordström, A. Rothkopf
J. Comput. Phys. **425** (January) (2021) 109917
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jcp.2020.109917>).

Classifying topological charge in SU(3) Yang-Mills theory with machine learning

T. Matsumoto^m, M. Kitazawa^s, Y. Kohno
Prog. Theor. Exp. Phys. **2021** (Iss. 2, Feb.) (2021) 023D01 1-21
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptaa138>).

国際会議報告等

Dynamically Integrated Transport Model for High-energy Nuclear Collisions at $3 < \sqrt{s_{NN}} < 30$ GeV

K. Murase^{*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, T. Hirano, M. Kitazawa^s, K. Morita, Y. Nara, C. Nonaka, A. Ohnishi
JPS Conf. Proc. **32** (Jul) (2020) 010081, 1-4.
13th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN2018), (Dec. 2018, 参加者約 250 名).xxx

Time Evolution of a Quarkonium towards the Thermal Equilibrium in the

Quark-gluon Plasma

T. Miura^{d*}, Y. Akamatsu^s, M. Asakawa^s, A. Rothkopf

JPS Conf. Proc. **32** (July) (2020) 010084.

13th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN 2018), December 2018, 250 participants.xxx

Critical fluctuations in a dynamically expanding heavy-ion collision

M. Kitazawa^{s*}, G. Pihan, N. Touroux, M. Bluhm, M. Nahrgang

Nucl. Phys. A - Proc. Suppl. **1005** (Jan) (2021) 121797 1-4.

28th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (Quark Matter 2019), (Nov. 2019, 参加者約 800 名).xxx

Approach to thermalization and hydrodynamics

Y. Akamatsu^{s*}

Nucl. Phys. A - Proc. Suppl. **1005** (Jan) (2021) 122000 1-8.

28th International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (Quark Matter 2019), (Nov. 2019, 参加者約 800 名).xxx

国際会議における講演等**Maximum Entropy Method and Singular Value Decomposition**

M. Asakawa^{s*} (invited)

Informal International Journal Club at CERN (Genève, May 20, 2020, 参加者数約 50 名)

Diffusion Dynamics of Fluctuations of Conserved Charges

M. Kitazawa^{s*} (invited)

On-line seminar series on “RHIC Beam Energy Scan: Theory and Experiment”, (online, 8 Sep. 2020, 参加者約 100 名)

Energy-momentum tensor on the lattice

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Extreme Nonequilibrium QCD (ONLINE), (online, 7 Oct. 2020 参加者約 100 名)

Search for phase structure of QCD by relativistic heavy ion collisions

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Prospects on particle and nuclear physics, and related subjects, (Osaka University (online), 30 Nov. 2020, 参加者約 30 名)

Deep Learning Topological Sector of SU(3) Yang-Mills Theory

M. Kitazawa^{s*} (invited)

R-CCS seminar, (R-CCS, RIKEN (online), 2 Dec. 2020, 参加者約 15 名)

Energy-momentum tensor in static-quark systems

M. Kitazawa^{s*} (invited)

Proton Mass Workshop: Origin and Perspective, (Argonne National Laboratory (online), 15 Jan. 2021, 参加者約 50 名)

Anisotropic pressure induced by finite-size effects at nonzero temperature in SU(3) Yang-Mills theory

M. Kitazawa^{s*}, S. Mogliacci, I. Kolbe, W.A. Horowitz

Asia-Pacific Symposium for Lattice Field Theory (APLAT 2020), (online, 4 Aug. 2020, 参加者約 200 名)

Quantum Dissipation of Quarkonium in Quark Gluon Plasma

T. Miura^{d*}

QCD theory Seminars, (online, 27 Oct. 2020, 15participants)

Dilepton production rate near the critical temperature of color superconductivity

T. Nishimura^{m*}, M. Kitazawa^s, T. Kunihiro

International conference on Critical Point and Onset of Deconfinement (CPOD2021), (online, 17 Mar. 2021, 参加者約 250 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

重イオン衝突実験におけるゆらぎを用いた QCD 相転移探索

北澤 正清^{s*}

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

カラー 1 重項・8 重項遷移を取り入れた重いクォークoniumの量子散逸過程

三浦 崇寛^{d*}, 赤松 幸尚^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

静的クォーク周辺におけるエネルギー応力の空間分布とその温度依存性

柳原 良亮^{d*}, 北沢 正清^s, 浅川 正之^s, 初田 哲男

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

カラー超伝導相の臨界温度近傍におけるレプトン対生成の解析

西村 透 ^{m*}, 北沢 正清 ^s, 国広 悌二

日本物理学会 2020 年秋季大会 (素核宇) (於 オンライン、2020 年 9 月 14 日 – 9 月 17 日)

相対論的重イオン衝突におけるクォーコニウムのデコヒーレンスと量子散逸

赤松 幸尚 ^{s*}

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

2+1 次元ドメインウォール近傍のエネルギー運動量テンソルと量子ゆらぎ

伊藤 広晃 ^{m*}, 北沢 正清 ^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

格子ゲージ理論におけるクーロンゲージ固定アルゴリズムについて

大畠 涼介 ^{m*}, 北沢 正清 ^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

カラー超伝導の臨界温度近傍における単位不変質量あたりのレプトン対生成率の解析

西村 透 ^{m*}, 北沢 正清 ^s, 国広 悌二

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 – 3 月 15 日)

1.11 小川グループ

令和二年度の研究活動概要

2020年4月1日から、理学研究科の筆頭副研究科長・評議員に就任し、理学研究科および全学の非常に多くの管理運営業務に携わっている。さらに、放射線科学基盤機構の機構長にも着任し、部局長として放射線科学基盤機構の運営に責任を持って取り組んでいる。内閣府、文部科学省、国立大学協会、科学技術振興機構などの学外の組織の仕事も多い。このような状況下で、研究活動に大きな成果はまだ出ていない。大橋琢磨助教とともに、量子計算や量子機械学習等に関わる新たな研究テーマの探索を進めている。

学術雑誌に出版された論文

Critical fluctuations at a many-body exceptional point

Ryo Hanai^{PD} and Peter B. Littlewood

Phys. Rev. Research **2** (Issue 3 July) (2020) 033018 1-16

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevResearch.2.033018>).

国際会議における講演等

Non-equilibrium stationary states of quantum non-Hermitian lattice models

Alexander McDonald, Ryo Hanai^{PD}, Aashish A. Clerk*

Non-Hermitian Physics (ONLINE), (at Bengaluru, India, 26 March, 2021, 参加者約 100 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

非平衡フェルミ面エンジニアリングによる Fulde-Ferrell 状態の実現

河村 泰良*, 花井 亮^{PD}, 大橋 洋士

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

1.12 黒木グループ

令和二年度の研究活動概要

電子相関、非従来型超伝導、および関連する物理

我々のグループでは、電子相関に起因する非従来型超伝導機構の研究を推進してきた。超伝導転移温度を飛躍的に増強する機構として、2バンド系において、一方のバンドの上端または下端がフェルミ準位のごく近傍に位置する状況 (incipient band) におけるバンド間ペア散乱機構を提唱している。令和2年度においては、incipient band 超伝導関連で令和1年度に行った梯子型銅酸化物の一軸圧効果の研究、変分モンテカルロ法による bilayer Hubbard model の研究、新しいタイプの銅酸化物高温超伝導体 $\text{Ba}_2\text{CuO}_{3+\delta}$ の超伝導発現機構に関する論文を出版した。特に、 $\text{Ba}_2\text{CuO}_{3+\delta}$ の研究においては、異なる軌道成分を持つバンド間においても incipient band 機構が働くことを見出したが、令和2年度においてはこれに触発され、 d^8 電子配置を持つ複合アニオン型ニッケル化合物において、多軌道型の incipient band 機構による高温超伝導がおこる可能性があることを提唱した。さらにこの理論と、2019年に新しく発見されたニッケル酸化物超伝導の発現機構が関係している可能性があることを指摘した。

上述の複合アニオン型ニッケル化合物の理論設計においては、頂点酸素を水素やハロゲンで置換することを考えている。このように酸素の一部を別のアニオンで置換することを考える場合、アニオンが特定のサイトを専有する、すなわち配置が秩序化するか、それともランダムに入るかが重要な問題となる。令和2年度においては SrVO_2H をとりあげ、この物質において水素の配置が秩序化する原因を調べた。その結果、特徴的な結晶場分裂の効果に加えて、V-H-V の結合方向に生じるコヒーレントな収縮が重要な寄与をしていることをつきとめた。

強相関系を取り扱う手法の一つとして、動的平均場理論はこれまでその有用性が示されてきたが、非局所効果を取り込めないため、非従来型異方的超伝導の研究などには直接使うことができない。非局所効果を取り込むためのいくつかの拡張が考案されているが、一般に非常に高い計算コストを必要とし、多バンド・多軌道系のような多自由度系に適用することは困難である。我々のグループは令和2年度において、フル・バーテックスの周波数依存性に着目し、非常に低い計算コストで動的平均場理論の計算を行う手法を開発した。さらに、この同じ周波数依存性の観点から、非局所性を低コストの計算で取り込む手法を開発し、多自由度系にも適用できることを示した。

熱電効果

我々のグループにおいては、既存の熱電物質の微視的な理解をもとに、新規高性能熱電物質の理論的設計、提案を目指して研究を行なっている。令和2年度においては、電子・フォノン相互作用を取り込んで電子の緩和時間を第一原理的に評価することにより、各種輸送係数を計算する手法を開発した。これを用いて、特にバンド構造が複数の小さなフェルミ面 (バレー) を有する物質である ZrS_2 、 Mg_3Sb_2 に焦点をあてた解析をおこなった。マルチ・バレー型バンド構造は、緩和時間一定近似のもとでは、大きなゼーベック係数と大きな

電気伝導率が両立する、熱電効果に有利なバンド構造であると考えられているが、フォノンによってバレー間の電子散乱が生じる効果が大きい場合、それによって抵抗が増大することが考えられ、非自明な問題となる。開発した手法による計算を行った結果、これらの物質においては、フォノンによるバレー間散乱の効果は、バレー内散乱の効果に比べて小さく、意外なことに、これは長波長の縦波光学フォノンによる電子散乱が支配的であるためであることがわかった。この結果により、これらの物質においては、マルチ・バレー型バンド構造が熱電効果に有利に働くことがわかった。

優良な熱電物質を得るためには、いかにして有効的にキャリアドーピングを行うかが重用となる。実際の実験においては、必要とするキャリアドーピングを行うことができないことが少なくない。令和2年度においては、高性能な電子ドーピング型熱電物質となる可能性が理論的に予想されている CaZn_2Pn_2 (Pn はニクトゲン)、および、層状ニクトゲン・ダイカルコゲナイド系に焦点をあて、欠陥や元素置換の形成エネルギーの計算を行い、電子ドーピングの可能性を探求した。

Quantum Transport and Anderson Localisation

At very low temperatures, disordered materials exhibit numerous quantum transport phenomena including weak-localisation, universal conductance fluctuations, Anderson localisation and the Anderson metal-insulator transition.

Localisation 2020 was held online from August 24th to August 29th 2020. The conference was co-chaired by Keith Slevin, Tomi Ohtsuki (Sophia University, Tokyo), and Stefan Kettemann (Jacobs University, Bremen) with organizers Kosuke Yakubo and Hideaki Obuse (Hokkaido University, Sapporo). There were 59 talks, 37 posters, and 253 participants from 19 countries. Sessions were held on Anderson localisation and the Anderson transition, topological insulators, the 2D metal-insulator transition, the integer quantum Hall effect, many body localisation, non-Hermitian systems, cold atoms, and Weyl semi-metals. Conference proceedings are to appear in *Annals of Physics*. The conference was supported by the Inoue Foundation for Science, Hokkaido University, and the Japan Society for the Promotion of Science. The great success of the conference promoted us to organize a regular online seminar series on Anderson localisation. These seminars are continuing in 2021.

Keith Slevin, Yosuke Harashima (University of Tsukuba), Tomohiro Mano (Sophia University, Tokyo), and Tomi Ohtsuki continued to collaborate on the problem of the metal-insulator transition in doped semiconductors. In particular, the application of machine learning techniques (convolutional neural networks) to the analysis of Kohn-Sham wavefunctions calculated in density functional simulations of a model of a doped semiconductor.

Keith Slevin and Tomi Ohtsuki continued to collaborate on improving the precision of the estimation of the critical exponent of the Anderson transition. Further simulations using our recently developed parallel transfer matrix method were performed on the supercomputer system B of the ISSP at Tokyo University. The data from these simulations

is currently being analysed.

トポロジカル物質の理論研究

実験研究者と連携して新奇トポロジカル物質の第一原理計算による解析を行った。具体的には1次元鎖を構成要素とするビスマスハライドの研究を行った。本系は1次元鎖を構成要素とするため、複数の劈開面が自然に実現される。そしてそれらの境界線上(稜線、ヒンジ)に沿って一次元スピン流が生じる。これは高次トポロジカル絶縁体としての性質である。実験研究者と連携した理論解析により、構成元素の選択と結晶構造によって、発現するトポロジカル相、そして表面状態の現れ方が異なることを示した。

学術雑誌に出版された論文

Many-variable variational Monte Carlo study of superconductivity in two-band Hubbard models with an incipient band

D. Kato^d, K. Kuroki^s

Physical Review Research **2** (No. 2, May) (2020) 023156-(1-9)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevresearch.2.023156>).

Possible enhancement of superconductivity in ladder-type cuprates by longitudinal compression

H. Sakamoto^m, K. Kuroki^s

Physical Review Research **2** (No. 2, June) (2020) 022055(R)-(1-6)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevresearch.2.022055>).

Hidden Ladder in SrMoO₃/SrTiO₃ Superlattices: Experiments and Theoretical Calculations

H. Takatsu, N. Yamashina, M. Ochi^s, H.-H. Huang, S. Kobayashi, A. Kuwabara, T. Terashima, K. Kuroki^s, H. Kageyama

Journal of the Physical Society of Japan **89** (No. 7, July) (2020) 074801-(1-6)

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsj.89.074801>).

Epitaxial Stabilization of SrCu₃O₄ with Infinite Cu_{3/2}O₂ Layers

H. Takatsu, M. Ochi^s, N. Yamashina, M. Namba, K. Kuroki^s, T. Terashima, H. Kageyama

Inorganic Chemistry **59** (No. 14, July) (2020) 10042-10047

(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/acs.inorgchem.0c01213>).

Model Construction and a Possibility of Cupratelike Pairing in a New d⁹ Nickelate Superconductor (Nd,Sr)NiO₂

H. Sakakibara, H. Usui, K. Suzuki, T. Kotani, H. Aoki, K. Kuroki^s

Physical Review Letters **125** (No. 7, Aug.) (2020) 077003-(1-6)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevlett.125.077003>).

Superconducting mechanism for the cuprate $\text{Ba}_2\text{CuO}_{3+\delta}$ based on a multiorbital Lieb lattice model

K. Yamazaki^m, M. Ochi^s, D. Ogura^d, K. Kuroki^s, H. Eisaki, S. Uchida, H. Aoki
Physical Review Research **2** (No. 3, Sept.) (2020) 033356-(1-19)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevresearch.2.033356>).

Quantifying the stability of the anion ordering in SrVO_2H

M. Ochi^s, K. Kuroki^s
Physical Review B **102** (No. 13, Oct.) (2020) 134108-(1-7)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevb.102.134108>).

Designing nickelate superconductors with d^8 configuration exploiting mixed-anion strategy

N. Kitamine^m, M. Ochi^s, K. Kuroki^s
Physical Review Research **2** (No. 4, Nov.) (2020) 042032(R)-(1-5)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevresearch.2.042032>).

Strain-induced creation and switching of anion vacancy layers in perovskite oxynitrides

T. Yamamoto, M. Ochi^s, K. Kuroki^s, *et al.*
Nature Communications **11** (Nov.) (2020) 5923-(1-8)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41467-020-19217-7>).

First Principles Study on the Thermoelectric Performance of CaAl_2Si_2 -type Zintl Phase Compounds

H. Usui, K. Kuroki^s
Journal of the Physical Society of Japan **89** (No. 12, Dec.) (2020) 124707-(1-11)
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/jpsj.89.124707>).

Possible pairing mechanism switching driven by structural symmetry breaking in BiS_2 -based layered superconductors

A. Yamashita, H. Usui, K. Hoshi, Y. Goto, K. Kuroki^s, Y. Mizuguchi
Scientific Reports **11** (No. 1, Jan.) (2021) 230-(1-7)
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41598-020-80544-2>).

Evidence for a higher-order topological insulator in a three-dimensional material built from van der Waals stacking of bismuth-halide chains

R. Noguchi, M. Ochi^s, *et al.*

Nature Materials **20** (No. 4, Jan.) (2021) 473-479

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41563-020-00871-7>).

Metal-to-insulator transition in Pt-doped TiSe₂ driven by emergent network of narrow transport channels

K. Lee, M. Ochi^s, *et al.*

npj Quantum Materials **6** (Jan.) (2021) 8-(1-8)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41535-020-00305-2>).

国際会議における講演等

Theoretical design of high-performance thermoelectric materials and unconventional superconductors using first-principles calculations

M. Ochi^{s*} (invited)

37th CMD Workshop (Online, Sep. 4 (2020))

Solid-state calculation using the transcorrelated method

M. Ochi^{s*} (invited)

101st CSJ (Chemical Society of Japan) Annual Meeting (Online, Mar. 22 (2021))

Designing of nickelate superconductors with d^8 configuration based on mixed anion-strategy

K. Kuroki^{s*}, N. Kitamine^m, M. Ochi^s

33rd International Symposium on Superconductivity (Tsukuba+Online, Dec.1-3 (2020))

Critical Exponent of the Anderson Transition

K. Slevin^{s*}

Localisation 2020 (Online, Aug.24-29 (2020))

Possible incipient-band-induced unconventional superconductivity in nickelates with large crystal field splitting

K. Kuroki^{s*}, N. Kitamine^m, M. Ochi^s

APS March Meeting (Online, Mar 15-19, 2021)

Quantifying the stability of the anion ordering in SrVO₂H

M. Ochi^{s*}, K. Kuroki^s

APS March Meeting (Online, Mar 15-19, 2021)

**Electronic transport properties of ZrS₂ induced by electron-phonon scattering:
A first principles study**H. Mori^{d*}, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

APS March Meeting (Online, Mar 15-19, 2021)

**Multiorbital superconducting mechanism for a new-type cuprate Ba₂CuO_{3+δ}
based on a Lieb-lattice model**K. Yamazaki^{m*}, M. Ochi^s, D. Ogura^d, K. Kuroki^s, H. Eisaki, S. Uchida, H. Aoki

APS March Meeting (Online, Mar 15-19, 2021)

Efficient approaches in DMFT for multi-degree-of-freedom systems (poster)R. Mizuno^{d*}, M. Ochi^s, K. Kuroki^s

APS March Meeting (Online, Mar 15-19, 2021)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演**新しいタイプの銅酸化物 Ba₂CuO_{3+δ} における軌道間相互作用を起源とする超伝導の可能性**山崎公裕^{m*}, 越智正之^s, 小倉大典^d, 黒木和彦^s, 永崎洋, 内田慎一, 青木秀夫

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

複合アニオン系 Ruddlesden-Popper 型化合物における多軌道性に起因する非従来型超伝導の可能性北峯尚也^{m*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

第一原理計算による熱電物質 122 系 Zintl 相化合物への不純物ドーピングと形成エネルギーの理論的研究西口和孝^{s*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

第一原理計算に基づく ZrS₂ の電気抵抗率における電子-フォノン散乱機構の解析森仁志^{d*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

多自由度系に対する動的平均場近似における改良された反復摂動法の開発 (ポスター)水野竜太^{d*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 - 9 月 11 日)

複合アニオン化合物の物質機能の第一原理的研究 (領域 3, 領域 8, 領域 10 合同シンポジウム:物理の視点からみる複合アニオン化合物研究の最近の進展)

越智正之^{s*}

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

複合アニオン系ニッケル化合物における圧力印加による非従来型超伝導の可能性

北峯尚也^{m*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

多自由度系に対する動的平均場近似における改良された反復摂動法の開発

水野竜太^{d*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 76 回年次大会 (2021 年) (於 オンライン、2021 年 3 月 12 日 - 3 月 15 日)

多体波動関数を用いた電子相関効果の第一原理的記述: トランスコリレイティッド法の開発

越智正之^{s*}

物性研短期研究会「量子多体計算と第一原理計算の新展開」(FQCS2020) (オンライン、2020 年 7 月 9 日-10 日)

遷移金属酸水素化物の電子状態: 第一原理計算に基づく結晶構造の解析および非従来型超伝導体の提案

越智正之^{s*}

第 3 回ハイドロジェノミクス研究会 (オンライン、2020 年 8 月 20 日-21 日)

複合アニオン化合物における理論物質設計の試み

越智正之^{s*}

第 12 回複合アニオン ウェブセミナー (オンライン、2021 年 3 月 2 日)

新奇銅酸化物 $\text{Ba}_2\text{CuO}_{3+\delta}$ の Lieb 格子型有効模型とそれに基づく多軌道超伝導構

山崎公裕^{m*}, 越智正之^s, 小倉大典^d, 黒木和彦^s, 永崎洋, 内田慎一, 青木秀夫

京都大学基礎物理学研究所研究会「高温超伝導・非従来型超伝導研究の最前線: 多様性と普遍性」(於 湯川記念館パナソニック国際交流ホール + オンライン、2020 年 10 月 26 日-28 日)

$d^{8+\delta}$ 系ニッケル化合物における大きな軌道間エネルギー準位差に起因する非従来型超伝導の可能性

黒木和彦^{s*}, 北峯尚也^m, 越智正之^s

京都大学基礎物理学研究所研究会「高温超伝導・非従来型超伝導研究の最前線: 多様性と普遍性」(於 湯川記念館パナソニック国際交流ホール + オンライン、2020 年 10 月 26 日-28 日)

d^{8+δ} 電子配置を持つ複合アニオン・ニッケル化合物の超伝導設計 (ポスター)北峯尚也^{m*}, 越智正之^s, 黒木和彦^s

京都大学基礎物理学研究所研究会「高温超伝導・非従来型超伝導研究の最前線：多様性と普遍性」(於 湯川記念館パナソニック国際交流ホール + オンライン、2020年10月26日-28日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事**ペロブスカイト酸化物のアニオン制御と電子物性**荻野拓, 越智正之^s, 陰山洋

応用物理学会「応用物理」(2020年10月発行, うち573-579頁)

第一原理計算を用いた物質設計：その電子状態の次元性に注目して越智正之^s

生産技術振興協会「生産と技術」(2021年1月発行, うち59-61頁)

複合アニオン化合物の理論計算桑原彰秀, 設楽一希, 本郷研太, 越智正之^s

丸善出版「複合アニオン化合物の科学」(2021年3月発行, うち第5章)

1.13 越野グループ

令和二年度の研究活動概要

グラフェンナノリボンにおけるトポロジカルバンドエンジニアリング

グラフェンをナノメートル幅に切り出されたグラフェンナノリボンは、量子閉じ込め効果によりエネルギーギャップが開き、一種のトポロジカル絶縁体として振る舞う。一般に、トポロジーの異なる二つのリボン同士を接合すると、接合部分に0次元トポロジカル界面状態が生じることが近年示されたが、この仕事では、このような界面状態がグラフェンナノリボンの枝分かれ部分にも現れることを示し、さらに、分岐をつなげて周期ネットワークにすることで、トポロジカル界面状態を「原子」とするナノスケール二次元結晶を作ることを提案した。このような系では、その特異なバンド構造から、通常物質と大きく異なったエキゾチックな物理現象が実現されることが期待される [Phys. Rev. B 101, 205311 (2020)]。

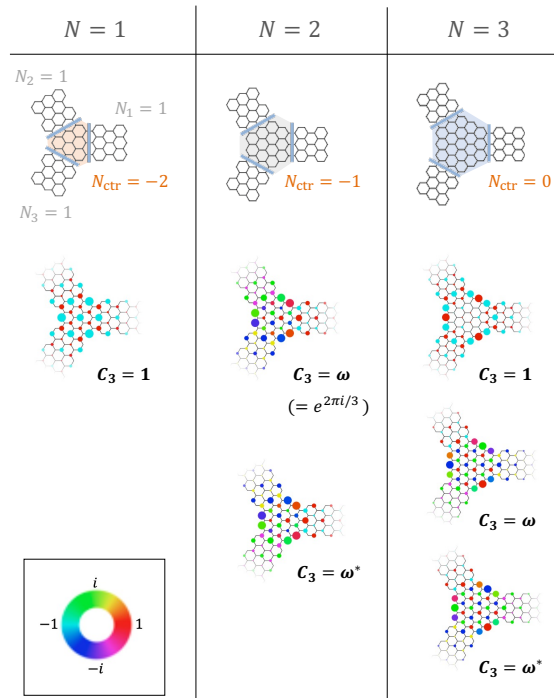


図 1.25: グラフェンリボン 3 叉接合におけるトポロジカル状態

ツイスト二層グラフェンにおける電子格子相互作用の理論

ツイスト二層グラフェンにおけるグラフェンは実は自発的に歪んでおり、ドメイン構造を取ることで、更にそれが集団的に振動するモアレフォノンモードが存在することが近年の我々の研究によって示されたが、一方でそのモアレフォノンと電子格子相互作用については明らかでなかった。この仕事では、ツイスト二層グラフェンの電子の連続体モデルを格子歪みを含めた形に拡張することで、格子振動と電子の相互作用ハミルトニアンを導いた。その結果、格子振動を媒介とする電子間相互作用は、ツイスト角が小さくなるに連れて急速に大きくなることが示された。このモアレフォノン媒介電子間相互作用はツイスト二層グラフェンの超伝導の発現にも寄与している可能性がある。[Phys. Rev. B 101, 195425 (2020)]。

ツイスト二層グラフェンにおけるツイスト角乱れの実験的観測

ツイスト二層グラフェンでの超伝導が大きな注目を集めている。この系の特徴は、電子構造が層間の回転角 θ に極めて鋭敏に依存する点であり、超伝導の発現は魔法角と呼ばれる $\theta = 1^\circ$ 付近のサンプルに限られる。殆どの理論計算では θ が一様であると仮定されているが、実験かとの共同により実はツイスト二層グラフェンでは θ が場所ごとに分布を持っていることを明らかにした。(Weitzmann Institute, MIT, NIMS との共同研究) [Nature 581, 47 (2020)]。

グラフェン/hBN モアレ超構造での磁気熱電効果による軌道磁気モーメントの観測

グラフェン/hBN モアレ系では、hBN によるモアレポテンシャルでグラフェンのディラックコーンにギャップが開き、そこでは幾何学的曲率に起源を持つ軌道磁気モーメントが生じるが、その実験的測定は困難とされてきた。東京大学の町田グループとの共同により、この軌道磁気モーメントが磁場中の熱電効果の測定によって直接観測できることを示した。

[Nature Communications 11, 1 (2020)]。

学術雑誌に出版された論文

Emergence of orbital angular moment at van Hove singularity in graphene/h-BN moiré superlattice

Rai Moriya, Kei Kinoshita, J. A. Crosse, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Satoru Masubuchi, Pilkyung Moon, Mikito Koshino^s, Tomoki Machida

Nat. Commun. **11**, 5380 (2020)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41467-020-19043-x>).

Electronic properties of a graphyne-N monolayer and its multilayer: Even-odd effect and topological nodal line semimetallic phases

Takuto Kawakami^s, Takafumi Nomura, Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **102**, 115421 (2020)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevb.102.115421>).

Hofstadter butterfly and the quantum Hall effect in twisted double bilayer graphene

J. A. Crosse, Naoto Nakatsuji^m, Mikito Koshino^s, Pilkyung Moon

Phys. Rev. B **102**, 035421 (2020)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/physrevb.102.035421>).

Mapping the twist angle and unconventional Landau levels in magic angle graphene

Aviram Uri, Sameer Grover, Yuan Cao, JA Crosse, Kousik Bagani, Daniel Rodan-Legrain, Yuri Myasoedov, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Pilkyung Moon, Mikito Koshino^s, Pablo Jarillo-Herrero, Eli Zeldov

Nature **581**, 47 (2020)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/s41586-020-2255-3>).

Effective continuum model for relaxed twisted bilayer graphenes and moiré electron-phonon interaction

Mikito Koshino^s, Nguyen N. T. Nam

Phys. Rev. B **101**, 195425 (2020)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.101.195425>).

Topological junction states and their crystalline network in systems with chiral symmetry: Application to graphene nanoribbons

Gen Tamaki^m, Takuto Kawakami^s, Mikito Koshino^s

Phys. Rev. B **101**, 205311 (2020)

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.101.205311>).

国際会議における講演等

Electron and phonon properties of twisted bilayer graphene

Mikito Koshino^{s*} (invited)

Graphene 2020 (October 19-23, 2020, 参加者数 581 名)

Physics of twisted 2D systems

Mikito Koshino^{s*} (invited)

International Meeting on Thin Film Interfaces and Composite Crystals (January 25-26, 2021, 参加者数 40 名)

日本物理学会，応用物理学会等における講演**モアレ二次元物質の物理 (シンポジウム講演)**越野 幹人 ^{s*}

2021年第68回応用物理学会春季学術講演会、シンポジウム「グラフェン研究の進展と今後の展望～ノーベル物理学賞受賞から10年～」2021年3月17日(オンライン開催)

モアレ物質の新奇な物性 (企画講演)越野 幹人 ^{s*}

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

モアレ2次元物質における電子およびフォノンの理論 (招待講演)越野 幹人 ^{s*}

物性研究所スパコン共同利用・CCMS合同研究会「計算物質科学の新展開2020」(於 東大物性研・オンライン、2021年12月21日-22日、参加者数約100名)

ツイスト2層グラフェンの特異な物性 (招待講演)越野 幹人 ^{s*}

京都大学基礎物理学研究所研究会「高温超伝導・非従来型超伝導研究の最前線:多様性と普遍性」(於 京都大学湯川記念館パナソニック国際交流ホール・オンライン、2020年10月26日-28日、参加者数約100名)

鉄系超伝導物質におけるトポロジカル状態 (招待講演)川上 拓人 ^{s*}、佐藤昌利

ワークショップ「超伝導物質、トポロジカル物質」(於 物質材料研究機構、2021年3月25日-26日、参加者数約100名)

単層黒リンのエッジおよびコーナー状態人見 将 ^{m*}、川上 拓人 ^s、越野 幹人 ^s

日本物理学会 第76回年次大会 (2021年) (於 オンライン、2021年3月12日 - 3月15日)

ツイスト二層グラフェンにおけるモアレスライドとトポロジカル電荷ポンプのバルクエッジ対応藤本 大仁 ^{d*}、越野 幹人 ^s

日本物理学会 2020年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日)

3次元グラファイン-Nにおけるトポロジカルノード線半金属状態川上 拓人 ^{s*}、野村高史、越野 幹人 ^s

日本物理学会 2020年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020年9月8日 - 9月11日)

グラフェンナノリボンの多端子接合におけるトポロジカル局在状態

玉置 弦 ^{m*}, 川上 拓人 ^s, 越野 幹人 ^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 – 9 月 11 日)

hBN/グラフェン/hBN3 層系における二重周期構造とその電子構造

岡 裕樹 ^{d*}, 越野 幹人 ^s

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 – 9 月 11 日)

ツイスト二重二層グラフェンにおけるホフスタッターの蝶と量子ホール効果

J. A. Crosse, 中辻 直斗 ^{m*}, 越野 幹人 ^s, Pilkyung Moon

日本物理学会 2020 年秋季大会 (物性) (於 オンライン、2020 年 9 月 8 日 – 9 月 11 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

ねじれた 2 層グラフェンの特異な物性

越野 幹人 ^s

固体物理 55, 355 (2020).

第2章 受賞と知的財産

令和二年度における物理学専攻での受賞と当該年度に申請された特許権等の知的財産権の一覧は以下の通りである。

受賞

1. 受賞者名：工藤一貴（教授）
賞の名称：日本物理学会第26回（2021年）論文賞
受賞内容や理由：論文題目“Superconductivity in $\text{Ca}_{1-x}\text{La}_x\text{FeAs}_2$: A Novel 112-Type Iron Pnictide with Arsenic Zigzag Bonds”
2. 受賞者名：新見康洋（准教授）
賞の名称：大阪大学賞（若手教員部門）
受賞内容や理由：「微小伝導体内の電子の量子コヒーレンスとスピン輸送の研究」
3. 受賞者名：越智正之（助教）
賞の名称：科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞
受賞内容や理由：拡張された低次元電子状態と物性機能に関する第一原理的研究
4. 受賞者名：深谷英則（助教）
賞の名称：HPCI 利用研究課題優秀成果賞
受賞内容や理由：量子色力学の高温相におけるトポロジー励起
5. 受賞者名：Christian Rohrhofer（特任研究員）
賞の名称：HPCI 利用研究課題優秀成果賞
受賞内容や理由：深谷と同じプロジェクト
6. 受賞者名：岩切秀一（博士課程3年）
賞の名称：2020年秋季大会 日本物理学会学生優秀発表賞
受賞内容や理由：「磁気トンネル接合における非線形輸送」

7. 受賞者名：榎本一輝（博士課程2年）
賞の名称：2020年秋季大会日本物理学会学生優秀発表賞（素粒子論領域）
受賞内容や理由：学会で優れた発表を行った

8. 受賞者名：田中正法（博士課程1年）
賞の名称：日本物理学会 2020年秋季大会 学生優秀発表賞
受賞内容や理由：学会で優れた発表を行った

9. 受賞者名：柴田 友里亜（修士課程2年）
賞の名称：第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム学生発表賞
受賞内容や理由：「光励起価数転移を示す SmS の時間分解 X 線吸収分光」の研究発表

10. 受賞者名：二本木克旭（修士課程2年）
賞の名称：2020年秋季大会 日本物理学会学生優秀発表賞(領域3)
受賞内容や理由：「三角格子反強磁性体 CsCuCl₃ における磁場誘起量子相転移の圧力依存性」の研究発表

11. 受賞者名：乃一雄也（博士前期課程2年）
賞の名称：Flavor Physics Workshop 2020 (FPWS2020) ベストトーク賞
受賞内容や理由：優れた発表を行った

12. 受賞者名：乃一雄也（博士前期課程2年）
賞の名称：Hadron Users Association 修士論文賞
受賞内容や理由：優れた修士論文を書いた

13. 受賞者名：仲矢 透（修士課程1年）
賞の名称：UVSOR シンポジウム 2020 最優秀ポスター賞
受賞内容や理由：「InSb/ α -Sn(111)/InSb(111)B のトポロジカル界面電子状態」の研究発表

14. 受賞者名：谷天太（学部4年生）
賞の名称：大阪大学理学部賞
受賞内容や理由：大阪大学理学部を優秀な成績で卒業した

15. 受賞者名：谷天太（学部4年生）
賞の名称：R2 年度大阪大学理学部日本 EGF 協会奨励賞

受賞内容や理由：理数オーナープログラムを特に優秀な成績で修了した

16. 受賞者名：中村瞭弥（学部4年）

賞の名称：大阪大学理学部賞

受賞内容や理由：大阪大学理学部を優秀な成績で卒業した

17. 受賞者名：氷見 香奈子（学部4年生）

賞の名称：日本物理学会学生優秀発表賞

受賞内容や理由：日本物理学会第76回年次大会において優れた発表を行った

18. 受賞者名：高山 元（学部4年生）

賞の名称：日本物理学会学生優秀発表賞

受賞内容や理由：日本物理学会第76回年次大会において優れた発表を行った

19. 受賞者名：KIM WON HO（学部4年生）

賞の名称：楠本賞

受賞内容や理由：大阪大学理学部物理学科を最も優秀な成績で卒業した

知的財産

令和二年度は該当なし。

第3章 学位論文

3.1 修士論文

令和二年度に修士の学位を取得された方々の氏名，論文題目は以下の通りであった。

学生氏名	指導教員	論文題名
妹尾 祐輝	宮坂 茂樹	鉄系超伝導体 FeSe における光学スペクトルの面内ひずみ依存性
青木 匠門	橋本 幸士	Anomaly Inflow In Curved Space (曲がった空間でのアノマリー流入)
飛鳥 樹喜	木村 真一	テラヘルツ波領域における人工光合成系物質の分子間振動の観測
姉川 尊徳	橋本 幸士	Information paradox and island prescription
伊賀 友輝	吉田 斉	CANDLES 実験における ^{232}Th 起因バックグラウンドの低減に向けた検出器及び解析手法の改良
伊藤 広晃	浅川 正之	場の理論におけるソリトンの量子振動とエネルギー運動量テンソル
大河内 真哉	松野 丈夫	室温強磁性を示す遷移金属酸化物を用いたスピン流特性の検出
大畠 涼介	浅川 正之	格子ゲージ理論におけるクーロンゲージ固定アルゴリズムについて
太田 智陽	小林 研介	ファンデルワールス強磁性体を用いた原子層ヘテロ接合デバイスの作製と物性評価
大本 恭平	福田 光宏	RCNP における永久磁石型 2.45 GHz ECR 陽子源の開発
片山 兼渡	橋本 幸士	アイソスピン 2 重項由来の複電荷スカラー場の現象論的研究
川畑 太嗣	木村 真一	共鳴スピン分解電子エネルギー損失分光法の開発 (Development of resonant Spin-Resolved electron energy loss spectroscopy)
川畑 宇矢	花咲 徳亮	スピネル型酸化物 $\text{Mg}_{1-x}\text{Li}_x\text{Ti}_2\text{O}_4$ の価数制御によるスピン液体状態の発現
北峯 尚也	黒木 和彦	複合アニオン系 Ruddlesden-Popper 型化合物における非従来型超伝導の発現可能性に関する理論的研究
小出 真嵩	大野木 哲也	圏論的対称性を用いた 2 次元ゲージ理論の解析

近藤 亮太	嶋 達志	ナノ粒子標的を用いた中性子小角散乱による未知相互作用探索
坂井 康介	小林 研介	Fe ₃ GeTe ₂ /WTe ₂ 接合におけるトポロジカルホール効果の観測
坂梨 公亮	川畑 貴裕	大面積 Si 半導体検出器を用いた低エネルギー荷電粒子の波形弁別技術の開発
佐藤 良紀	青木 正治	COMET 実験に用いる新型 SiPM の中性子耐性に関する研究
柴田 海輝	兼村 晋哉	$O(N)$ 一重項模型における、電弱一次相転移によって生じる重力波の理論的研究
柴田 友里亜	木村 真一	光誘起価数転移を示す SmS の電子状態
芝野 敦子	兼村 晋哉	光共振器中のフォトン・ダークフォトン振動
下田 誠	兼村 晋哉	古典的スケール不変性に基づいた拡張ヒッグス模型における高精度計算を通じた新物理の探究
白石 諒太	山中 卓	J-PARC KOTO 実験に用いる高レート荷電粒子検出器のための信号増幅および波形整形回路の開発
高木 悠司	千徳 靖彦	重回帰分析によるレーザーイオン加速の最大エネルギー予測式の導出
高橋 真夏	菊池 誠	Observation of internal parameters change of neural networks in learning phase (学習過程におけるニューラルネットワークの内部パラメータの変化の観測)
滝沢 龍之介	藤岡 慎介	高速点火核融合における加熱効率に関する研究
嶽村 真緒	藤岡 慎介	自己生成磁場を用いた 4 レーザービームによる電子のガイディング
巽 悠輔	千徳 靖彦	太陽風プラズマ中でのホイッスラー波同士の相互作用によるプラズマ加熱現象
長澤 莉希	菊池 誠	高ランクテンソル分解モデルの Belief propagation に基づく解析
中井 創	嶋 達志	真空のエネルギーの未解明な成分に関する研究
中岡 優大	花咲 徳亮	狭ギャップ半導体 CeTe _{2-x} Sb _x の弱磁場巨大磁気抵抗効果の観測
中辻 直斗	越野 幹人	ツイスト二重二層グラフェンにおけるホフスタッターの蝶と量子ホール効果
名古屋 雄大	橋本 幸士	場の理論における 2 群対称性
西井 健剛	萩原 政幸	パルス強磁場 ESR の偏光角度依存性測定装置の開発
西川 航平	大野木 哲也	ブラックホールの形成の臨界点における問題
西村 透	浅川 正之	カラー超伝導の臨界温度周辺におけるソフトモードとレプトン対生成率の解析
二本木 克旭	萩原 政幸	LC 共振回路を用いた強磁場・高圧力下磁化測定装置の開発及びフラストレート量子磁性体への応用

乃一 雄也	山中 卓	J-PARC KOTO 実験における $K_L \rightarrow 2\gamma$ 背景事象数の評価と削減
花田 尚輝	小林 研介	エッチンググラフェンにおける弱局在効果の変調
肥後本 拓也	浅川 正之	非局所相互作用フェルミオン系における磁気触媒作用
人見 将	越野 幹人	単層黒リンのエッジおよびコーナー状態
福島 健太	松野 丈夫	$Y_3Fe_5O_{12}$ /非磁性導電体の界面状態とスピン流注入効率との相関解明
藤原 聖士	小林 研介	表面弾性波照射により変調される超伝導 NbSe ₂ 薄膜の電気輸送特性と表面弾性波の波長依存性
前島 大樹	小田原 厚子	スピン偏極 ³¹ Mg 核の β 崩壊による ³¹ Al 核の構造研究
真栄城 竜生	花咲 徳亮	ファンデルワールス強磁性体 CrGeTe ₃ の元素置換による電気・熱輸送特性と強磁性転移の制御
松崎 大亮	萩原 政幸	⁴ He を用いた 1 K 以下極低温におけるパルス強磁場磁化測定装置開発とダイヤモンド格子反強磁性体 MnSc ₂ S ₄ の強磁場物性
宮前 陽充	浅野 建一	遷移金属ダイカルコゲナイドにおけるポリ励起子の拡散モンテカルロ法による研究
毛受 正裕	橋本 幸士	Recent works about Superconformal Index and Blackhole entropy (スーパーコンフォーマルインデックスとブラックホールエントロピーについての最近の研究)
森内 直輝	松野 丈夫	二層膜 IrO ₂ /CoFeB における電流-スピン流変換効率
森 浩睦	民井 淳	レーザープラズマによる放射ガンマ線測定
柳谷 諭	大岩 顕	アンドープ GaAs/AlGaAs 量子井戸構造を用いた面内 P-i-N 接合の作製と評価
山崎 公裕	黒木 和彦	新タイプの銅酸化物高温超伝導体 Ba ₂ CuO _{3+δ} 多軌道モデルに基づく理論研究
山本 俊樹	宮坂 茂樹	ラマン散乱分光による Bz(Fe _{1-x} Mn _x) ₂ As ₂ の電荷ネマティック揺らぎの Mn 置換量依存性
吉野 健太郎	宮坂 茂樹	ディラック電子系 NiTe ₂ の Pd 置換によるバンド制御
渡邊 杜	小林 研介	Electrical detection of spin dynamics in van-der-Waals antiferromagnetic materials (ファンデルワールス反強磁性体におけるスピンドYNAMIKSの電氣的検出)
WICKREMA-SINGHE LAKMIN	山中 卓	Development and performance evaluation of the DAQ system used for testing new ATLAS pixel modules for the HL-LHC

International Physics Course (IPC) の修了者

学生氏名	指導教員	論文題名
SUN SI YUAN	青木 正治	Study of Gas Gain Saturation for Cylindrical Drift Chamber in COMET Phase-I

3.2 博士論文

令和二年度に博士の学位を取得された方々の氏名，論文題目は以下の通りであった。

学生氏名	主査	論文題名
中川 真菜美	川畑 貴裕	Study of ${}^4_2\text{He}$ production via ${}^4\text{He}(K^-,\pi^-)X$ reaction at $pK^- = 1.5 \text{ GeV}/c$ ($pK^- = 1.5 \text{ GeV}/c$ における ${}^4\text{He}(K^-,\pi^-)X$ 反応を用いた ${}^4_2\text{He}$ 生成の研究)
水野 竜太	黒木 和彦	Development of efficient approximation methods in dynamical mean field theory for multi-degree-of-freedom systems (多自由度系における動的平均場理論の高効率な近似手法の開発)
中沢 遊	青木 正治	A Trigger System with Online Track Recognition for the μ -e Conversion Search in the COMET Phase-I Experiment (COMET Phase-I 実験における μ -e 転換探索のためのオンライントリガーシステム)
奥谷 顕	萩原 政幸	High-Field Magnetism of the Spin-1/2 Low-Dimensional Antiferromagnets $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$ and $\text{Cu}_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ (スピン 1/2 の低次元反強磁性 $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$, $\text{Cu}_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ の強磁場磁性)
芥川 哲也	橋本 幸士	QCD chaos in hadronic phase via holography (ホログラフィー原理を用いたハドロン相における QCD のカオスの研究)
岩切 秀一	小林 研介	Non-linear and Non-equilibrium Phenomena in Magnetic Tunnel Junctions (磁気トンネル接合における非線形非平衡現象)
太田 敏博	橋本 幸士	Defects in Supersymmetric Gauge Theory and Integrable Lattice Models (超対称ゲージ理論における欠陥演算子と可解格子模型)
久保田 充紀	兼村 晋哉	Theoretical studies on CP violation in a two Higgs doublet model toward electroweak baryogenesis (電弱バリオン数生成に向けた拡張ヒッグス模型における CP の破れに関する理論的研究)
三浦 崇寛	浅川 正之	Quantum dissipation of quarkonium in the quark-gluon plasma via Lindblad equation (リンドブラッド方程式によるクォークグルーオンプラズマ中のクォーコニウムの量子散逸過程の解析)
森田 大樹	藤岡 慎介	Generation model of laser-driven magnetic field with consideration of warm-dense-matter properties (Warm Dense Matter の特性を考慮したレーザー駆動磁場の発生に関するモデル)

森 仁志	黒木 和彦	First-principles Study on the Effect of Electron-phonon Scattering on the Transport Properties of Thermoelectric Materials (第一原理計算に基づく熱電物質の電子輸送特性における電子-フォノン散乱効果に関する理論研究)
柳原 良亮	浅川 正之	Distribution of Energy Momentum Tensor around Static Charges in Lattice Simulations and an Effective Model (格子シミュレーションおよび有効模型による静的電荷周辺のエネルギー運動量テンソル分布の解析)
LEE SANGHYUN	小林 研介	Development of Current Noise Measurement System and Non-equilibrium Transport in Quantum Hall Effect (電流雑音測定系の構築と量子ホール効果における非平衡輸送)
中村 拓人	木村 真一	Spin-polarized quasi-one-dimensional surface states of Bi/III-V semiconductor(110)-(2 × 1) (Bi/III-V 族半導体(110)-(2 × 1) のスピン偏極表面電子状態)

International Physics Course (IPC) の学位取得者

学生氏名	主査	論文題名
Bui Tuan Khai	能町 正治	Energy resolution of CANDLES detector for studying neutrino-less double beta decay of ^{48}Ca (^{48}Ca のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊を研究するための CANDLES 検出器のエネルギー分解能)
AHMAD JAFAR ARIFI	保坂 淳	Study of heavy baryons from three-body decays (三体崩壊によるヘビーバリオンの研究)
ZI HOW TIN	工藤 一貴	Study of Electronic States of 1111 Iron Based Superconductors: via Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy and Raman Scattering Spectroscopy (角度分解光電子分光およびラマン散乱分光による 1111 型鉄系超伝導体の電子状態の研究)
SANG-IN SHIM	保坂 淳	Microscopic reaction dynamics for the study of heavy baryon structure (重いバリオンの構造を調べるための微視的反応機構の研究)
CHANG LIU	藤岡 慎介	Experimental study on spectroscopy of laser-produced plasma for laboratory astrophysics and soft x-ray lithography application (実験室宇宙物理学及び軟 X 線リソグラフィ応用のためのレーザー生成プラズマの分光に関する実験的研究)

HUI WEN KOAY	福田 光宏	Design Study of High-Intensity Compact High-Temperature Superconducting Skeleton (Ironless) Cyclotron (HTS-SC) (高強度小型高温超伝導 (空芯型) スケルトンサイクロトロン (HTS-SC) の設計研究)
-----------------	-------	---

第4章 教育活動

令和二年度も、大学院教育、学部教育、共通教育のそれぞれにおいて、物理学専攻の教員は以下に掲げる授業科目を担当し、大阪大学の教育活動の一翼を担った。

< > 内は協力講座、他専攻、他部局の教員である。

4.1 大学院授業担当一覧

Aコース (理論系: 基礎物理学・量子物理学コース)

(前期課程)

[基 礎 科 目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
場の理論序説	2	山口哲	学部との共通科目
原子核理論序説 (開講せず)	2	< 保坂淳 >	
散乱理論 (開講せず)	2	未定	
一般相対性理論	2	大野木哲也	

[専 門 科 目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学 I (開講せず)	2	大野木哲也	ナノ教育プログラム ナノ教育プログラム, 英語科目 ナノ教育プログラム, 英語科目
素粒子物理学 II (開講せず)	2	兼村晋哉	
場の理論 I	2	< 細谷裕 >	
場の理論 II	2	山口哲	
原子核理論	2	浅川正之・赤松幸尚 北澤正清	
物性理論 I (開講せず)	2	< 浅野建一 >	
物性理論 II	2	Keith M. Slevin	
固体電子論 I (開講せず)	2	黒木和彦	

固体電子論 II	2	越野幹人	ナノ教育プログラム
量子多体系の物理	2	小川哲生	ナノ教育プログラム, 英語科目
計算物理学 (開講せず)	2	< 千徳靖彦 >	英語科目

[ト ピ ッ ク]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学特論 I (開講せず)	2	未定	
素粒子物理学特論 II	2	兼村晋哉	
原子核理論特論 I (開講せず)	2	未定	
原子核理論特論 II (開講せず)	2	未定	
物性理論特論 I	2	阿久津泰弘	
物性理論特論 II (開講せず)	2	< 菊池誠 >	

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子論半期セミナー I	4.5	大野木哲也・田中実・深谷英則	※
場の理論半期セミナー I	4.5	橋本幸士・山口哲・飯塚則裕・菅野優美	※
場の理論半期セミナー II	4.5	兼村晋哉・尾田欣也・柳生慶	※
原子核理論半期セミナー I	4.5	浅川正之・北澤正清・赤松幸尚	※
原子核理論半期セミナー II	4.5	< 保坂淳・緒方一介・石井理修 >	※
多体問題半期セミナー I	4.5	阿久津泰弘	※
多体問題半期セミナー II	4.5	< 菊池誠・吉野元 >	※
物性理論半期セミナー I	4.5	黒木和彦・Keith M. Slevin・越智正之	※
物性理論半期セミナー II	4.5	< 小口多美夫・白井光雲・山内邦彦・初田浩義 >	※
物性理論半期セミナー III	4.5	越野幹人・川上拓人	※
物性理論半期セミナー IV	4.5	< 浅野建一 >	※
数理物理学半期セミナー	4.5	小川哲生・大橋琢磨	※
高エネルギープラズマ物性理論半期セミナー	4.5	< 千徳靖彦・岩田夏弥・佐野孝好 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 A I 「バリオン数非対称性問題」	1	< 瀬名波栄問 > (材料科学高等研究院)	集中 MC・DC 共通 12月1,8,15,22日
特別講義 A II 「高次元共形場理論」	1	< 中山優 > (立教大学理学部物理学科)	集中 MC・DC 共通 8月19,20日,9月9,10日
特別講義 A IV 「熱力学と情報幾何」	1	< 伊藤創祐 > (東京大学大学院理学系研究科)	集中 MC・DC 共通 1月12日-14日

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
場の理論特別セミナー	9	兼村晋哉・尾田欣也・柳生慶	※
場の数理特別セミナー	9	橋本幸士・山口哲・飯塚則裕・ 菅野優美	※
素粒子論特別セミナー	9	大野木哲也・田中実・深谷英則	※
原子核理論特別セミナー	9	浅川正之・北澤正清・赤松幸尚	※
多体問題特別セミナー	9	保坂 淳・緒方一介・石井理修	※
物性理論特別セミナー I	9	黒木和彦・Keith M. Slevin・越智正之	※
物性理論特別セミナー II	9	< 小口多美夫・白井光雲・ 山内邦彦・笏田浩義 >	※
物性理論特別セミナー III	9	越野幹人・川上拓人	※
物性理論特別セミナー IV	9	< 浅野建一 >	※
統計物理学特別セミナー	9	阿久津泰弘・< 菊池誠・吉野元 >	※
数理物理学特別セミナー	9	小川哲生・大橋琢磨	※
高エネルギープラズマ物性理論 特別セミナー	9	< 千徳靖彦・岩田夏弥・佐野孝好 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

B コース (実験系：素粒子・核物理学コース)

(前期課程)

[基礎科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
素粒子物理学序論A	2	山中卓	学部との共通科目
素粒子物理学序論B	2	青木正治	学部との共通科目
原子核物理学序論	2	小田原厚子	学部との共通科目

[専門科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学I	2	山中卓	
高エネルギー物理学II (開講せず)	2	青木正治	
原子核構造学	2	小田原厚子・<民井淳>	
加速器物理学	2	<福田光宏>	
放射線計測学	2	<青井考・野海博之>	

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学特論I (開講せず)	2	山中卓	
高エネルギー物理学特論II	2	青木正治	
素粒子・核分光学特論	2	吉田斉	
原子核物理学特論I	2	<與曾井優>	
原子核物理学特論II	2	<青井考>	
ハドロン多体系物理学特論	2	<野海博之>	

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学半期セミナーI	4.5	山中卓・南條創・廣瀬穰	※
高エネルギー物理学半期セミナーII	4.5	青木正治・佐藤朗	※
クォーク核物理学半期セミナー	4.5	<中野貴志・野海博之・與曾井優 味村周平・堀田智明・白鳥昴太郎>	※
原子核実験学半期セミナー	4.5	川畑貴裕・小田原厚子・清水俊・ 阪口篤志・吉田斉・古野達也・	※

原子核反応半期セミナー	4.5	松多健策・福田光順・三原基嗣 < 青井考・民井淳・井手口栄治・ 鈴木智和・王恵仁・小林信之 >	※
核反応計測学半期セミナー	4.5	< 能町正治・嶋達志 > 高久圭二・菅谷頼仁 >	※
加速器科学半期セミナー	4.5	< 福田光宏・依田哲彦・神田浩樹 >	※
高エネルギー密度物理半期セミナー	4.5	< 藤岡慎介・有川安信・ Alessio Morace >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 B I 「低エネルギー粒子を用いた 素粒子物理学」	1	< 清水裕彦 > (名古屋大学大学院理学研究科)	集中 MC・DC 共通 12月1日-3日
特別講義 B II 「サブアトミックフィジックス におけるスピンと対称性」	1	< 齊藤直人 > (高エネルギー加速器 研究機構 J-PARC センター)	集中 MC・DC 共通 1月5日-7日

[セミナー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
高エネルギー物理学特別セミナー I	9	山中卓・南條創・廣瀬穰	※
高エネルギー物理学特別セミナー II	9	青木正治・佐藤朗	※
原子核実験学特別セミナー	9	川畑貴裕・小田原厚子・清水俊・ 阪口篤志・吉田斉・古野達也・ 松多健策・福田光順・三原基嗣	※
核反応計測学特別セミナー	9	< 能町正治・嶋達志・ 高久圭二・菅谷頼仁 >	※
クォーク核物理学特別セミナー	9	< 中野貴志・野海博之・與曾井優 ・味村周平・堀田智明・白鳥昴太郎 >	※
原子核反応特別セミナー	9	< 青井考・民井淳・井手口栄治・	※

加速器科学特別セミナー	9	鈴木智和・王恵仁・小林信之 > < 福田光宏・依田哲彦・神田浩樹 >	※
高エネルギー密度物理特別セミナー	9	< 藤岡慎介・有川安信・Alessio Morace >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

Cコース (実験系：物性物理学コース)

(前期課程)

[基礎科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
固体物理学概論1	2	花咲徳亮	学部との共通科目
固体物理学概論2	2	黒木和彦	学部との共通科目
固体物理学概論3	2	宮坂茂樹	学部との共通科目
放射光物理学 (開講せず)	2	未定	ナノ教育プログラム
極限光物理学	2	< 藤岡慎介 >	学部との共通科目

[専門科目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
光物性物理学 (開講せず)	2	宮坂茂樹	英語科目
半導体物理学	2	< 大岩顕・長谷川繁彦 >	
超伝導物理学 (開講せず)	2	宮坂茂樹	
量子分光光学 (開講せず)	2	未定	ナノ教育プログラム
シンクロトロン分光学	2	< 木村真一 >	英語科目
荷電粒子光学概論 (開講せず)	2	石原盛男	ナノ教育プログラム
孤立系イオン物理学	2	< 豊田岐聡・兼松泰男 >	ナノ教育プログラム
量子多体制御物理学	2	小林研介・新見康洋	ナノ教育プログラム

[トピック]

授業科目	単位数	担当教員	備考
強磁場物理学 (開講せず)	2	< 萩原政幸・鳴尾康雄 ・ 木田孝則 >	
強相関係物理学	2	花咲徳亮・酒井英明 ・ 村川寛	
重い電子系の物理 (開講せず)	2	< 杉山清寛 >	
極限物質創成学 (開講せず)	2	未定	ナノ教育プログラム
界面物性物理学	2	松野丈夫	ナノ教育プログラム

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
メゾスコピック物理半期セミナー	4.5	小林研介・新見康洋	※
質量分析物理半期セミナー	4.5	< 豊田岐聡・兼松泰男 >・石原盛男・ < 青木順 >	※
超伝導半期セミナー	4.5	工藤一貴・宮坂茂樹・中島正道	※
界面半期セミナー	4.5	松野丈夫・上田浩平	※
半導体半期セミナー	4.5	< 大岩顕・長谷川繁彦・木山治樹・ 藤田高史 >	※
量子物性半期セミナー	4.5	花咲徳亮・酒井英明・村川寛	※
光物性半期セミナー	4.5	< 木村真一・渡辺純二・大坪嘉之・ 渡邊浩 >	※
強磁場物理半期セミナー	4.5	< 萩原政幸・鳴海康雄・木田孝則 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[ト ピ ッ ク]

授業科目	単位数	担当教員	備考
特別講義 C I 「ディラック電子と固体物理学」	1	< 伏屋雄紀 > (電気通信大学 大学院情報理工学研究科)	集中 MC・DC 共通 12月14日-16日
特別講義 C II 「キラル磁性の物理と応用」	1	< 戸川欣彦 > (大阪府立大学大学院工学研究科)	集中 MC・DC 共通 11月25日-27日

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
メゾスコピック物理特別セミナー	9	小林研介・新見康洋	※
強磁場物理特別セミナー	9	< 萩原政幸・鳴海康雄・木田孝則 >	※
界面物性特別セミナー	9	松野丈夫・上田浩平	※
半導体特別セミナー	9	< 大岩顕・長谷川繁彦・木山治樹・ 藤田高史 >	※
超伝導特別セミナー	9	工藤一貴・宮坂茂樹・中島正道	※
質量分析物理特別セミナー	9	< 豊田岐聡・兼松泰男 >・石原盛男・ < 青木順 >	※

量子物性特別セミナー	9	花咲徳亮・酒井英明・村川寛	※
光物性特別セミナー	9	< 木村真一・渡辺純二・大坪嘉之・ 渡邊浩 >	※

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

共通授業科目（A, B, C コース共通）

（前期課程）

授業科目	単位数	担当教員	備考
加速器科学（開講せず）	2	未定	
自由電子レーザー学（開講せず）	2	未定	
レーザー物理学	2	< 中井光男 >	ナノ教育プログラム
複雑系物理学	2	< 渡辺純二 >	
相転移論（開講せず）	2	阿久津泰弘	
ニュートリノ物理学（開講せず）	2	未定	
非線形物理学（開講せず）	2	< 吉野元 >	
原子核反応論（開講せず）	2	< 緒方一介 >	
数物アドバンスコア1（開講せず）	2		
数物アドバンスコア2（開講せず）	2		
Electrodynamics and Quantum Mechanics	2	< Luca Baiotti >	英語科目
Quantum Field Theory I	2	< 細谷裕 >	英語科目
Quantum Field Theory II	2	山口哲	英語科目
Introduction to Theoretical Nuclear Physics	2	< 保坂淳 >	英語科目
Quantum Many-body Systems	2	小川哲生	英語科目
Condensed Matter Theory	2	Keith Slevin	英語科目
Solid State Theory(開講せず)	2	黒木和彦	英語科目
High Energy Physics	2	青木正治	英語科目
Nuclear Physics in the Universe	2	嶋達志	英語科目
Optical Properties of Matter(開講せず)	2	宮坂茂樹	英語科目
Synchrotron Radiation Spectroscopy	2	< 木村真一 >	英語科目
Computational Physics(開講せず)	2	< 千徳靖彦 >	英語科目

(後期課程)

[トピックス]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I 「Quantum phenomena in semiconductor low dimensional systems & nanostructures and their applications」	1	<David Guy Austing> (National Research Council Canada)	集中 MC・DC 共通 11月16日-26日
Topical Seminar II 「Supersymmetric field theories and written index」	1	<Seok Kim> (Seoul National University)	集中 MC・DC 共通 7月15日-31日

(前・後期課程)

授業科目	単位数	担当教員	備考
科学技術論 B1	1	外部講師	学部との共通科目
科学技術論 B2	1	外部講師	学部との共通科目
研究者倫理特論	0.5	<中野元裕>	高度博士人材養成プログラム, 集中
科学論文作成概論	0.5	<佐藤尚弘>	高度博士人材養成プログラム, 集中
研究実践特論	0.5	<佐藤尚弘>	高度博士人材養成プログラム, 集中
企業研究者特別講義 (開講せず)	0.5	<佐藤尚弘>	高度博士人材養成プログラム, 集中
実践科学英語 A	1	<M.D. シーハン>	高度博士人材養成プログラム, 集中
実践科学英語 B	1	<M.D. シーハン>	高度博士人材養成プログラム, 集中
科学英語基礎	1	<E.M. ヘイル>	学部との共通科目

(前・後期課程)

授業科目	単位数	担当教員	備考
先端機器制御学	2	< 兼松泰男・豊田岐聡 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学) 集中
分光計測学	2	< 兼松泰男・豊田岐聡 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学)
先端的研究法： 質量分析	2	< 豊田岐聡・青木順・ 寺田健太郎・高尾敏文・ 上田祥久・佐藤貴弥 >	ナノ教育プログラム， 大学院副プログラム (基礎理学計測学)，集中
先端的研究法： X線結晶解析	2	< 今田勝巳・栗栖源嗣・ 中川敦史 > 他	大学院副プログラム (基礎理学計測学)，集中
先端的研究法： NMR	2	< 上垣浩一・林文晶・ 村田道雄・梅川雄一 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学)，集中
先端的研究法： 低温電子顕微鏡	2	< 今田勝巳 >	大学院副プログラム (基礎理学計測学)，集中
放射線計測応用 1	1	< 青井考・能町正治 > 他	集中
放射線計測応用 2	1	< 青井考・能町正治 > 他	集中
放射線計測学概論 1	1	< 能町正治・高久圭二・鈴木智和 >	集中
放射線計測学概論 2	1	< 能町正治 >	集中，英語科目

授業科目	単位数	担当教員	備考
ナノマテリアル・ ナノデバイスデザイン学	1	< 森川良忠 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
ナノプロセス・物性・ デバイス学	1	< 藤原康文 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
超分子ナノバイオプロセス学	1	< 出口真次 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
ナノ構造・機能計測解析学	1	< 酒井朗 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中
ナノフォトニクス学	1	< 宮坂博 > 他	ナノ教育プログラム 実習, 集中

(後期課程)

授業科目	単位数	担当教員	備考
学位論文作成演習	0.5	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
高度理学特別講義	0.5	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
企業インターンシップ	1	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
海外短期留学	2	< 佐藤尚弘 >	高度博士人材養成プログラム, 修了要件外
産学リエゾン PAL 教育研究訓練	5	< 竹田精治 > 他	ナノ教育プログラム, 集中 修了要件外
高度学際萌芽研究訓練	5	< 竹田精治 > 他	ナノ教育プログラム, 集中 修了要件外

I PCコース (国際物理特別コース)

(前期課程)

[専 門 科 目]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Quantum Field Theory I	2	細谷 裕	
Quantum Field Theory II	2	山口 哲	
Electrodynamics and Quantum Mechanics	1	<Luca Baiotti>	These credits cannot be used to fulfill the requirements of graduation
Condensed Matter Theory	2	Keith Slevin	Biennially
Introduction to Theoretical Nuclear Physics	2	保坂 淳	Biennially
High Energy Physics	2	青木正治	
Nuclear Physics in the Universe	2	<嶋 達志 >	
Synchrotron Radiation Spectroscopy	2	< 木村真一 >	
Quantum Many-Body Systems	2	小川 哲生	Biennially

[セ ミ ナ ー]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Semestral Seminar I	4.5	越野幹人	
Semestral Seminar II	4.5	青木 正治	
Semestral Seminar II	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar II	4.5	山中 卓	
Semestral Seminar III	4.5	青木 正治	
Semestral Seminar III	4.5	< 木村真一 >	
Semestral Seminar III	4.5	山中 卓	
Semestral Seminar IV	4.5	青木 正治	
Semestral Seminar IV	4.5	< 木村真一 >	

(後期課程)

[ト ピ ッ ク]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Topical Seminar I ”Quantum phenomena in semiconductor low dimensional systems and nanostructure	1	<David Guy Austing> (National Research Council Canada) 11月16-19, 20, 24-26日	集中 MC・DC共通

and their applications”			
Topical Seminar II “Black holes in AdS/CFT”	1	<Seok Kim> (Seoul National University) 7月15, 17, 22, 27, 29, 31日	集中 MC・DC共通

[セミナ－]

授業科目	単位数	担当教員	備考
Seminar for Advanced Researches	9	青木正治	
Seminar for Advanced Researches	9	民井 淳	
Seminar for Advanced Researches	9	< 福田光宏 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 野海博之 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 大岩 顕 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 井手口栄治 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 木村真一 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 能町正治 >	
Seminar for Advanced Researches	9	< 藤岡慎介 >	

4.2 学部授業担当一覧

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
力学1	2	2	< 吉野元 >
力学1 演義	2	2	< 吉野元 >・< 渡辺純二 >
力学2	2	2	阿久津泰弘
力学2 演義	2	2	阿久津泰弘・越智正之
数理物理1	2	2	< 浅野健一 >
数理物理1 演義	2	2	< 浅野健一 >・柳生慶
電磁気学1	2	2	小川哲夫
電磁気学1 演義	2	2	小川哲夫・田中 実
熱物理学	2	2	< 波多野恭弘 >
数理物理2	2	2	キース スレヴィン
数理物理2 演義	2	2	キース スレヴィン・川上拓人
量子力学1	2	2	浅野正之
量子力学1 演義	2	2	浅野正之・大橋琢磨・橋本幸士
量子力学2	2	2	兼村晋哉
量子力学2 演義	2	2	兼村晋哉・赤松幸尚
統計力学1	2	2	< 菊池誠 >
統計力学1 演義	2	2	< 菊池誠 >・深谷英則
統計力学2	2	2	越野幹人
物理学実験1	12	4	福田光順・宮坂茂樹・< 山中千博 >・ < 小林信之・友野大・樋口嵩 >・ 阪口篤志・新見康洋・松多健策・ < 桂誠・久富修・竹内徹也・中山典子 >・ < 青木順 >・南條創・佐藤朗・廣瀬穰・ < 野田博文 >・小田原厚子・村川寛・ 中島正道・< 河井洋輔 >・酒井英明・ 荒川智紀・< 木村 淳 >・上田浩平
物理学実験2	12	4	(同上)
【選択必修科目】			
物理学特別研究	12+12	8	物理学科各教員
宇宙地球科学特別研究	12+12	8	物理学科各教員

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
【選択科目】			
物理学セミナー	2	1	物理学科各教員
現代物理学入門	2	2	松野丈夫
電磁気学2	2	2	< 千徳靖彦 >
熱物理学演義	2	2	< 波多野恭弘 >・北澤正清
地球科学概論	2	2	< 近藤忠 >
物理実験学	2	2	鳴海康雄
数理物理3	2	2	山口 哲
惑星科学概論	2	2	< 寺田健太郎 >
物性物理学1	2	2	花咲徳亮
質量分析学	2	2	石原盛男
光物理学	2	2	< 木村真一 >
プラズマ物理学	2	2	< 千徳靖彦・坂和洋一 >
連続体力学	2	2	工藤一貴
量子力学3	2	2	細谷裕
宇宙構造形成論	2	2	< 長峯健太郎 >
生物物理学概論	2	2	< 久富修 >
原子核物理学1	2	2	川畑貴裕
物性物理学2	2	2	黒木和彦
宇宙物理学	2	2	< 松本浩典 >
先端物理学・宇宙地球科学輪講	2	2	物理学科各教員
宇宙地球フィールドワーク 1～4	集中 45	各 1	< 佐伯和人・廣野哲朗・中嶋悟・ 境家達弘 >
相対論	2	2	大野木哲也
素粒子物理学1	2	2	山中卓
原子核物理学2	2	2	小田原厚子
物性物理学3	2	2	宮坂茂樹
地球惑星物質学	2	2	< 佐々木晶・佐伯和人・木村淳 >
数値計算法	2	2	< 林田清 >
相対論的量子力学	2	2	山口哲
素粒子物理学2	2	2	青木正治
極限光物理学	2	2	< 藤岡慎介 >

授業科目名	毎週授業 時間数	単位数	担当教員
物理オナーセミナー 1 ~	2	各 1	物理学科各教員
科学技術論 B 2	1	1	< 外部講師 >
科学英語基礎	2	1	<Hail, Eric Mathew>
数値計算法基礎	2	2	< 降旗大介 >
将来展望特論 A	集中 1	0.5	< 近藤忠 > ・ 新見康洋 ・ < 他学科教員 >
【補習授業】			
数理物理基礎特別演習	2	0	阿久津泰弘

4.3 共通教育授業担当一覽

専門基礎教育科目（理系）担当教員

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
力学入門	< 芝井広 >	理 (数・化・生)	I	月3
	< 杉山清寛 >	医 (医・看・放・検)・歯・薬	I	火3
力学通論	< 山中千博 >	理 (数・化・生)	I	月3
力学通論	< 佐藤 透 >	工 (然1~85)	I	月1
	< 高棹真介 >	工 (然86~170)		
	< 萩原政幸 >	工 (然171~)		
力学通論	< 嶋達志 >	医 (医)	I	火3
	< 細貝知直 >	医 (看・放)・歯		
	< 田中慎一郎 >	医 (検) 薬		
力学詳論 I	< 小無啓司 >	基 (シ1~90)	I	月1
	松多健策	基 (シ91~)		
	< 芝井広 >	基 (情)		
力学詳論 I	新見康洋	理	I	月3
	< 湯川諭 >	理		
力学詳論 I	< 鷹岡貞夫 >	工 (理1~95)	I	月4
	飯塚則裕	工 (理96~190)		
	< 高杉英一 >	工 (理191~)		
力学詳論 I	< 渡辺純二 >	工 (地)	I	火1
力学詳論 I	松野丈夫	工 (電1~80)	I	火2
	阪口篤志	工 (電81~)		
力学詳論 I	< 猿倉信彦 >	工 (環)	I	火3
	・ < 清水俊彦 >			
力学詳論 I	清水 俊	基 (電1)	I	金4
	< 西浦宏幸 >	基 (電2)		
	三原基嗣	基 (化)		
力学詳論 II	飯塚則裕	理 (数・化・生)	II	月3
力学詳論 II	< 小無啓司 >	工 (理1~95)	II	月4
	越智正之	工 (理96~190)		
	< 能町正治 >	工 (理191~)		
力学詳論 II	< 湯川諭 >	工 (地)	II	火1
力学詳論 II	< 高棹真介 >	工 (電1~80)	II	金1
	深谷英則	工 (電81~)		
	< 清水俊彦 >	工 (環)		
・ < 猿倉信彦 >				

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
力学詳論Ⅱ	<木村真一> 越野幹人	基(シ1~100) 基(シ101~)	Ⅱ	金1
力学詳論Ⅱ	<野村 光> <田中歌子> <松本浩典>	基(電1) 基(電2) 基(化・情)	Ⅱ	金4
電磁気学入門	川上拓人	医(医・放・検)・歯・薬	Ⅱ	水4
電磁気学入門	<鷹岡貞夫>	理(数・化・生)	Ⅱ	金4
電磁気学通論	<山中千博> 黒木和彦 赤松幸尚	医(医) 医(放・検) 歯1~27 薬・歯28~	Ⅱ	水4
電磁気学通論	福田光順 酒井英明 北澤正清	工(然1~85) 工(然86~170) 工(然171~)	Ⅱ	金1
電磁気学通論	南條 創	理(数・化・生)	Ⅱ	金4
電磁気学詳論Ⅰ	<青山和司> 田中 実 <植田千秋>	基(化) 基(シ1~120) 基(シ121~・情)	Ⅱ	月1
電磁気学詳論Ⅰ	<能町正治> <横田勝一郎> 柳生 慶	工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	Ⅱ	火1
電磁気学詳論Ⅰ	<谷口年史> 大野木 哲也	理 理	Ⅱ	金4
電磁気学Ⅱ	青山 和司 吉田 齐	基(化) 基(シ・情)・理(数)	Ⅲ Ⅲ	月3 火1
電磁気学Ⅱ	<浜口智志> ・<吉村智> <白鳥昂太郎> <依田哲彦>	工(理1~95) 工(理96~190) 工(理191~)	Ⅲ	火1
熱学・統計力学要論	菅野優美 <桂木洋光> <谷口年史>	基(電) 基(シ1~90・情・化)・理(数) 基(シ91~・情・化)・理(数)	Ⅲ	月2
熱学・統計力学要論	<大岩 顕> <堀田智明> <白井光雲>	工(電) 工(環) 工(地)	Ⅲ	火1

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
物理学の考え方	川畑貴裕	全学部	I	水2
	< 豊田岐聡 >	全学部		金1
現代物理学の基礎	兼松泰男	全学部	I	月1
	山中 卓	全学部		月5
基礎物理学実験	村川 寛	基 (電・化・情)	春	火3～5
	廣瀬 稜			
	< 長久保 白 >			
	< 半澤 弘昌 >			
基礎物理学実験	< 堀井 隆斗 >	工 (理A)・理 (物)	秋	水3～5
	< 杉山清寛 >			
	石原盛男			
	清水 俊			
基礎物理学実験	三原 基嗣	医 (放・検)・基 (シ)	秋	木3～5
	< 石飛秀和 >			
	< 佐竹うらら >			
	上田浩平			
基礎物理学実験	中島正道	工 (然B・環・地)	秋	金3～5
	古野 達也			
	< 豊木研太郎 >			
	< 犬伏正信 >			
基礎物理学実験	< 岡田研一 >	工 (電)・医 (医)	夏	木3～5
	< 渡邊浩 >			
	< 大坪嘉之 >			
	< 青木順 >			
基礎物理学実験	< 山下正太郎 >	工 (電)・医 (医)	夏	木3～5
	< 林 直樹 >			
	< 中野尊治 >			
	佐藤 朗			
基礎物理学実験	< 木田孝則 >	工 (電)・医 (医)	夏	木3～5
	< 緒方 奨 >			
	< 佐竹うらら >			
	佐藤 朗			

授業科目名	担当教員	配当学部	学期	曜日時限
基礎物理学実験	< 杉山清寛 > 吉田 齐 青木正治 荒川智紀 < 永島 壮 > < 豊木研太郎 >	工 (理B)・理 (生・化・数)	冬	水 3～5
基礎物理学実験	廣瀬 穰 < 大坪嘉之 > < 田畑博史 > < 平 雅文 >	工 (然A)	冬	金 3～5
物理学実験 (再履修)	吉田 齐 < 木田孝則 > 佐藤 朗 大橋琢磨	全学部	III	月 3～5
物理学実験 (再履修)	石原盛男 村川 寛 三原基嗣 大橋琢磨	全学部	IV	月 3～5

4.4 物理学セミナー

物理学セミナーは物理学科1年生に教員の顔が見えるようにするとともに、研究の現場を覗くチャンスを早いうちから与えて、物理を勉強する意欲を高めてもらう目的で、春学期の木曜日4限に専門教育科目の選択科目として開講している。

担当した研究グループは以下の通り。

物理学専攻（基幹講座）

大野木グループ
小川グループ
花咲グループ
川畑グループ

物理学専攻（協力講座）

豊田グループ
木村グループ
藤岡グループ

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

波多野グループ
近藤グループ
住グループ

4.5 質問コーナー

令和2年度は、新型コロナウイルス感染拡大の影響で春夏学期の講義がすべて原則オンライン授業となった。この影響を特に受けたのは1年生で、キャンパスで学生同士が自主的に交流できる環境を喪失したために適切な自習環境を構築することが困難になるという事態になった。

この状況を少しでも改善することを目的として、夏学期に物理学科独自の「質問コーナー」を運営した。

質問コーナーで新入生からの質問に対応した教員は以下の通り。

物理学専攻（基幹講座）

青木正治
新見康洋

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

波多野恭弘
湯川諭
高棹真介

第5章 物理談話会, 南部コロキウム

5.1 物理談話会

令和二年度に行なわれた教室談話会（先端物理学・宇宙地球科学輪講）の日程, 講師, 講演題目を以下に列挙する.

2020年10月 2日	吉田 齊	ガイダンス
2020年10月 9日	坂和 洋一	大型レーザーで宇宙の謎を実験室で研究する：レーザー宇宙物理学
2020年10月16日	増田 賢人	太陽系外惑星系のアーキテクチャ
2020年10月23日	木村 真一	光で見る物性の起源と光で作る新物性
2020年10月30日	桂木 洋光	固いモノを集めて柔らかい物理を作る
2020年11月 6日	柳生 慶	ヒッグス物理が拓く素粒子新理論の地平
2020年11月13日	浅野 建一	電子正孔系の物理
2020年11月27日	近藤 忠	地球形成期の実験的再現
2020年12月 4日	井上 芳幸	ブラックホールを通して紐解く宇宙の歴史
2020年12月11日	工藤 一貴	超伝導体開発の最前線
2020年12月18日	福田 光宏	社会に役立つ量子アプリケーション技術ー加速器が未来を変えるー
2020年12月25日	緒方 一介	だれが原子核をみたか
2021年 1月 8日	松野 丈夫	界面の物理学ー物質の可能性を追求するー
2021年 1月22日	細貝 知直	光で拓く超高エネルギー粒子加速；レーザープラズマ加速研究の最前線

5.2 南部コロキウム

大阪大学理学部では、H25年度より、物理学専攻を中心として、南部陽一郎特別栄誉教授の名を冠したコロキウムシリーズを開始した。

<http://www.phys.sci.osaka-u.ac.jp/nambu/>

本コロキウムは、南部先生の研究に代表されるような、物理を中心とする科学分野を横断的にとらえる研究を進めていく刺激となるよう企画された。著名な研究者の講演から、分野の壁を越えてディスカッションが出来る雰囲気を作ることを目指している。教員だけではなく、学部生、大学院生の参加を歓迎することで、教育効果を高めることも目標としている。南部コロキウムを通じて、学術交流を促進し、大阪大学の理論科学・物理学の発展を加速させる。

大阪大学の基礎理学プロジェクト研究センターの「理論科学連携拠点」がコロキウムを主催オーガナイズする。理論科学研究拠点は多数の専攻の教員からなり、代表は物理学専攻の橋本幸士が務めている。

令和2年度は、下記の南部コロキウムをオンラインで開催し、各々、教員と学生が多く参加する等、成功を取めた。場所は通例は南部陽一郎ホールであったが今年度はオンライン、時刻は16:20-17:50である。自由な雰囲気を作り、質問が出やすくするなど、学術交流を円滑にするようにアレンジされている。

- 第27回 南部コロキウム

開催日：2020年10月8日（木）

講師：本間 希樹 先生 [国立天文台 水沢 VLBI 観測所 所長・教授]

講演：『電波望遠鏡が捉えた巨大ブラックホールの姿』

- 第28回 南部コロキウム

開催日：2020年11月5日（木）

講師：木村 真明 先生 [北海道大学大学院 理学研究院 教授]

講演：『原子核のかたち』

(文責：橋本 幸士)

第6章 学生の進路状況など

令和二年度の学部卒業生，博士前期課程修了者，博士後期課程修了者のその後の進路は以下の通りであった。

6.1 学部卒業生の進路

大阪大学大学院博士前期課程進学 (物理学専攻)	33名
大阪大学大学院博士前期課程進学 (宇宙地球科学専攻)	25名
大阪大学大学院生命機能研究科博士課程(一貫)進学	1名
他大学大学院博士前期課程(修士課程)進学	3名
大阪府公立中学校教員	1名
自営業	1名
就職準備	2名
民間企業就職	5名
合計	71名

学部卒業生の進路の内訳：

コーデソリューション株式会社	1名
コカ・コーラボトラーズジャパン株式会社	1名
株式会社NTTデータMHIシステムズ	1名
株式会社サイバーエージェント	1名
株式会社りそなホールディングス	1名

6.2 博士前期課程修了者の進路

大阪大学博士後期課程進学	(理学研究科)	22名
他専攻博士後期課程進学		1名
民間企業就職		33名
その他		1名
合計		57名

博士前期課程修了者の進路の内訳：

ウエスタンデジタル合同会社	1名
NECネクサソリューションズ株式会社	1名
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ	1名
株式会社オプテージ	1名
株式会社キーエンス	1名
京セラ株式会社	2名
JFEスチール株式会社	1名
株式会社シグマックス	1名
ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	1名
ソフトバンク株式会社	1名
大日本印刷株式会社	1名
東洋アルミニウム株式会社	1名
デジタルトランスコミュニケーションズ株式会社	1名
日鉄ソリューションズ株式会社	2名
日東電工株式会社	1名
日本電気株式会社	1名
パーソルキャリア株式会社	1名
パナソニックインフォメーションシステムズ株式会社	1名
富士通株式会社	1名
株式会社富士通ディフェンスシステムエンジニアリング	1名
古河電気工業株式会社	1名
マイクロンメモリジャパン合同会社	1名
マツダ株式会社	1名
みずほ証券株式会社	1名
株式会社三井住友銀行	1名
三菱電機株式会社	1名

三菱電機コントロールソフトウェア株式会社	1名
三菱パワー株式会社	1名
株式会社メイテック	1名
レーザーテック株式会社	1名
株式会社ワールドインテック	1名

6.3 International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路

大阪大学博士後期課程進学（理）	1名
合計	1名

6.4 博士後期課程修了者の進路

民間企業就職	4名
国家公務員	1名
大阪大学・助教	1名
大阪大学・特任研究員	2名
国立大学法人・特命助教	1名
国立研究開発法人・特別研究員	2名
独立行政法人日本学術振興会・特別研究員	2名
海外の大学及び研究機関ポスドク	1名
合計	14名

博士後期課程修了者の進路の内訳：

サンディスクコーポレーション	1名
大和アセットマネジメント株式会社	1名
新潟太陽誘電株式会社	1名
日研トータルソーシング株式会社	1名
厚生労働省	1名
国立研究開発法人理化学研究所・特別研究員	2名
国立大学法人大阪大学・助教	1名
国立大学法人大阪大学・特任研究員	2名
国立大学法人福井大学・遠赤外領域開発研究センター・特命助教	1名
独立行政法人日本学術振興会・特別研究員	2名
スイス連邦工科大学チューリッヒ校・ポスドク研究員	1名

6.5 International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路

大阪市立大学 特任助教	1名
大阪大学 核物理研究センター・特任研究員	1名
東京大学 国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構・特任研究員 (大阪大学核物理研究センター・特任研究員を経て)	1名
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西光科学研究所・ 特任研究員	1名
Asia Pacific Center for Theoretical Physics・ポスドク研究員	1名
母国に帰国後、就職活動	1名
合計	6名

第7章 博士課程教育リーディングプログラム 「インタラクティブ物質科学・カデット プログラム」

7.1 プログラムの目的

本プログラムは、人類の持続的発展に貢献する物質科学研究を担う次世代人材育成を目的とし、既存の大学院と並存する学位プログラムとして実施する。履修生を物質科学研究・事業における幹部候補生（Material Science Cadet）と位置づけ、化学・物性物理学・材料工学など、物質科学のさまざまな領域・手法を専門とするプログラム担当者が協働し、産・官・学の広いセクターにおいて物質科学研究・事業の中心的役割を担う人材を輩出することを目指す。

育成を目指す博士人材に期待される能力は、以下のとおりである。

- (1) 物質科学の一領域における確固たる「高度な専門性」
- (2) 主専門とは異なる分野にも目を向ける「複眼的思考」や「俯瞰的視点」
- (3) 他の専門領域の人たちと議論ができる「コミュニケーション力」
- (4) 自ら課題を見出し、その解決に向かう「企画力」、「自立力」
- (5) 既存の考え方に捉われない「セレンディピティ」的な視点・思考力
- (6) 時代と共に変わりゆく社会の動向に対応できる「柔軟性」
- (7) 世界を相手に自らの考えを認めさせることができる「国際突破力」

7.2 プログラムの概要・特徴

本プログラムは、大阪大学国際共創大学院学位プログラム推進機構インタラクティブ物質科学・カデットプログラム部門が実施するという形態をとるが、担当教員は、基礎工学研究科（物質創成専攻、システム創成専攻）、理学研究科（物理学専攻、化学専攻、高分子科学専攻）、工学研究科（マテリアル工学専攻、物理学系専攻、応用化学専攻）の各専攻に所属する教授 39 名と、理化学研究所・放射光科学研究センターの研究員 2 名、情報通信研究機構の研究員 1 名、計 42 名で構成される。

履修生は、所属する専攻の大学院課程の科目を修得するのに加えて、本プログラム独自の科目や他専攻・他研究科の科目を所定の単位数履修することが要求される。中でも特徴的な必修科目として、物理系学生が化学を学ぶ「物質化学入門」（その逆の科目もある）、他研究室に 3 ケ月滞在して研究を行う「研究室ローテーション」、国内の企業や公的研究所に 3 ケ月滞在する「物質科学国内研修」、海外の研究機関等に 3 ケ月滞在する「物質科学海外研修」

がある。海外研修を実のあるものにするための「物質科学英語 1、2」も必修科目である。また、1年次の最後に専門科目の筆記試験を行う 1st Qualifying Examination (QE)、2年次の最後に「博士論文研究企画」を発表する 2nd QE、4年次に英語で行う博士論文中間発表(3rd QE)などを経て、所属研究科の博士論文審査後に実施する本プログラムの Final QE に合格すると、博士号の学位に加え、本プログラムの修了証が授与される。ちなみに、5年一貫の博士コースであるため、いわゆる「修士論文」は課せられないが、「博士論文研究企画」の発表が義務づけられている。研究成果を修士論文としてまとめ、所属専攻の修士論文発表会において発表して、修士号を得ることが、本プログラムの3年次への進級要件となっている。

7.3 令和2年度の活動

7.3.1 新型コロナウイルス感染防止対策にともなう授業のオンライン化

本年度は新型コロナウイルス感染拡大防止に伴う様々な規制のため例年のようにインタラクティブな授業や履修生の自主的な活動を十分に実施するには至らなかった。その中で担当教員や履修生はプログラム履修を効率的におこない、最大限の効果を得るために知恵を出しながら努力した1年となった。

春夏学期は大阪大学全体の方針としてオンラインでの授業実施が定められたため、プログラムの開講科目である物性物理学入門、物質化学入門、物質科学英語、物質科学キャリアアップ特論 a についてもオンラインにて授業を実施した。物性物理学入門と物質化学入門は、新入生対象科目で、自身の専門とは異なる授業の受講となるため、毎年担当の先生が細心の注意を払って講義いただいている科目であり、今回のオンライン化でもより理解の深まるための工夫が盛り込まれた。

物質科学英語では、オンラインの利点を活かして、今課題に思っていることを科学的視点で資料を用いて解説する、自分の研究内容をレゴブロックで具体化し、何故それが解になっているかを英語で説明するといった授業内容に、履修生の間であたかもクラスにいるかの様な臨場感あふれる議論が行われ、英語に関する様々なスキルを学ぶことが出来た。

自分の専門とは異なる異分野の研究室に長期間滞在して、視点や経験の拡大を実践する研究室ローテーションについては、春夏学期は研究室も登校する学生を制限、博士後期課程の学生に限って実験室の使用を認めるなど、強い規制が敷かれて実施が出来なかった。感染拡大の第1波が終息し秋冬学期には一部対面の授業が認められる見通しが立ったため、秋冬学期での実施を決めて準備を進めた。その結果9月下旬から順次ローテーションに入り、オナー大学院物質科学ユニットの1名を含めて10名の履修生が受講した。多くの先生方、研究室の協力に支えられて、異分野での取り組みから多くの学びを得ることが出来た。また、今回の滞在中に共同研究の種が生まれ、半数以上の履修生が今後も実験を継続するという嬉しい成果も得られている。

7.3.2 国内研修、海外研修の実施

本年度は第六期生を中心に11名が「物質科学国内研修」(必修)に取り組んだ。5つの民間企業と6独立研究法人にて約3ヶ月間の研修を行った。本年度はコロナウイルス対策のため、民間企業での受け入れが厳しく、第1波の終息以降に一部で運用が開始された。ただ、多くの会社で在宅勤務に従事する社員が多く、これまでのように社員との交流という面では十分な活動が出来なかった。そのため、履修生の報告書にもその点での指摘が多くみられた。一方、独立研究法人では8月頃から研修生の受け入れが開始され、研究所員もほぼ通常通り出勤しており有意義な研修が出来た様である。物理学専攻の履修生は4名が受講し、ベンチャー企業や物質・材料研究機構、理化学研究所で研修を行い、自身の研究分野がどのような広がりがあるかを実感するとともに、チームでの仕事の取組みを体験し新たな人間関係を構築するなど、実りの多い経験をすることができた。理学部の化学専攻の2名は物質材料研究機構と理化学研究所でそれぞれ研修を行った。基礎研究がどのように応用につながっているかを実体験で知ることが出来た。

「物質科学海外研修」は必修科目であるが、コロナウイルスの世界的流行の影響で、本年度の海外渡航が実質的に不可能になり、代替の課題を設定した。海外でも研究室の活動が制限されており、遠隔による研究指導も現実的ではなく、以下の課題を提出することで研修とした。まず、候補研究室を選定し、多くの研修先候補が有る中でなぜその研究室を選んだのか、他候補とのベンチマークを行い説明する。ついて、候補研究室の教員と連絡を取り、3ヶ月の研究計画を立案し、先方の教員の承認を得た計画書を提出する。その間の先方とのやり取りも補助資料として添付する。以上を報告書としてまとめる。最後に報告会を実施し、候補研究室の選定理由、研究計画、予想される成果について報告し評価を受ける。以上の課題に対して本年度修了予定の2名が研修に臨んだ。物理学専攻からは1名の履修生がロレーヌ大学(フランス)のシンクロトロンソレイユの教員と活動を行った。実際の研究活動はできなかったが、先方との交流を通じて今後世界を舞台に活躍する基本的な姿勢をしっかりと身に付けて来た事を報告会や報告書で確認出来た。

7.3.3 Qualifying Examination (QE) と九期生選抜

専門分野の基礎学力を評価するために1年次に受験する筆記試験(1st Q.E.)、2年次に受験する博士後期課程の研究企画を試問する博士論文企画審査(2nd Q.E.)、4年次に取り組む博士論文の中間報告を英語により報告させる3rd Q.E.が昨年同様に実施された。履修生の質保証のための取組みであるが、プログラムとしては気付きを与える機会としても重要であると考えており、課題のある履修生については、評価委員のコメント含めて何が不十分であったかを伝え、どの様に改善したらよいかの方向性を示すなどの指導を行った。

本年度は第四期生11名と(うち5名が理学研究科所属)と特別選抜五期生1名、早期修了の五期生1名(理学研究科)がプログラム履修の成果を問うFinal Examination(FE)に臨んだ。FEでは事前に提出する小論文と、それに基づく口頭発表と試問がなされた。小論文として以下の課題を与え、1ヶ月後に回収し評価委員に事前配布した。課題は昨年度と同じく「20~30年後の未来に、我が国をはじめ世界の抱える社会的問題や経済・産業構造の変化を予測し、自分がリーダーシップを発揮して科学技術に基づきこれらの課題にどのように

対応していくのか、自分の進路と関連付けながら2000字程度で述べよ」という問いかけに履修生は真摯に取り組んだ。

発表と口頭試問には10名のプログラム担当教員が評価委員として参加、また6名の外部評価委員にも質疑に参加いただき、将来課題の捕え方、どの様にリーダーシップを発揮して社会貢献をしていくかについて具体的な質疑応答が行われた。プログラム履修生としての質を保証する場であり、厳しい質問の連続に回答が滞る場面も何度もあり、緊張した雰囲気の中で進められた。審査の結果、12名全員が合格となった。合格者のうち3名については課題の捕え方が表面的でありもう一步踏み込んだ考察が必要ではないかとの指摘があり、評価委員で議論した結果各評価委員からのコメントをフィードバックしそれに答えさせる小論文を課した。小論文はプログラムコーディネーターとシニアメンターを務める企業出身の専任教授が査読し内容を確認し合格とした。

3月3日、4日に令和3年度の入学者第九期生選抜を実施し、17名の応募者から11名を合格させた。理学研究科物理学専攻からは1名の学生が合格した。さらに、大阪府立大学の物質系リーディング大学院で学ぶ2名が博士後期課程から大阪大学基礎工学研究科に編入することとなり、カデットプログラムへの編入についても同日面接審査を受けて合格した。これにともない、令和3年度からは13名の新たな履修生を迎えることとなった。

7.3.4 平成28年度採択四期生の課程修了

平成28年度に入学した一般選抜四期生10名（うち3名が理学研究科物理学専攻、2名が化学専攻）と特別選抜四期生1名、加えて早期修了の五期生1名（理学研究科物理学専攻）がカデットプログラムのFinal Examinationに合格し課程を修了することとなった。学位授与式に先立ち3月23日にプログラム修了認定証が授与された。履修生はいずれもプログラムの趣旨をよく理解しており、積極的にプログラムに参加するばかりでなく様々な自主活動を起案、推進することで続く後輩にあるべき姿を示してくれたことに感謝している。修了証授与式では、プログラム責任者の狩野基礎工学研究科長の祝辞に対し理学研究科物理学専攻の岩切秀一さんが履修生を代表して将来への誓いを述べた。12名のうち理学研究科の1名は大阪大学の助教として、基礎工が研究科の1名は日本大学で助教として引き続き大学で活動する。理学研究科の1名はスイスのETHで博士研究員としての活動を開始する。また理学研究科の2名が独法研究機関で博士研究員としての活動を開始する。6名の履修生が企業に活躍の場を選び、4月からは実社会でこれまで学んだことを実践する。彼らの活躍を期待している。

7.3.5 国際共創大学院学位プログラム推進機構によるプログラムの推進

平成24年度から進めてきた本プログラムは平成30年度で文部科学省からの支援が終了した。大阪大学では本プログラム含めて5つのリーディング大学院を受託し大学院改革を進めてきた。令和1年度以降も5つのリーディング大学院は大学院教育の柱として位置づけられており、西尾総長が機構長を務める国際共創大学院学位プログラム推進機構の中に博士課程教育リーディングプログラム事業として位置づけられ、令和1年度から開始された卓越大学

162第7章 博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」

院プログラム事業、オナー大学院プログラム事業とともに、大阪大学が進める Double-Wing Academic Architecture の一翼を担っていく。カデットプログラムはこれまでの変わらぬ運営体制で、次代を担う物質科学博士人材を輩出すべくプログラムに取り組んでまいります。今後ともプログラム活動へのご指導、ご支援をよろしく申し上げます。

(文責：黒木 和彦)

第8章 理数オナープログラム

8.1 令和2年度活動概観

理数オナープログラムは、学問の違いを考慮して学科毎に提供しているが、参加する学生は学科の壁を越えて履修することができる。理数オナープログラムに参加する学生は、各学科がオナーカリキュラムとして指定する科目を履修するとともに、オナーセミナーを少なくとも2科目2単位履修しなければならない。従って、本プログラムに参加する学生数は、オナーセミナーを受講する学生数で計ることができる。オナーセミナーに参加した学生数の年度毎の変化を図8.1に示している。H21-22はほぼ100～120名程度で定常的になってきたように見えたが、H24年度は90名、H25年度は66名、H26年度は56名、H27年度は49名、H28年度は44名に減少した。H29年度は72名に増加した。H30年度は62名だった。R1年度は65名に微増した。R2年度も65名で横ばいであった。理数オナープログラムが対象とする2,3年生の学生総数は約500名なので、対象となる延べ学生総数は前後期合わせて1,000名程度で、R2年度の参加者数はその6.5%にあたる。

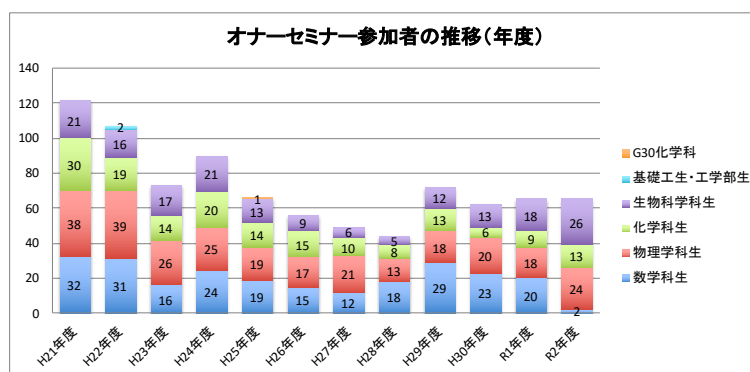


図 8.1: オナー参加者数の推移

理数オナープログラムのコアであるオナーセミナーは、主に学部2,3年生を対象としている。

オナープログラム修了者の推移を図8.2に示す。H27に、修了者の数が減って以来、しばらく増加傾向は見られなかったが、R1年度の修了者はH30年度の6名から10名へと増加したが、R2年度は減少し4名となった。R2年度の物理学科修了者も前年度から減少して1名だった。

また、将来、社会に出てからリーダーとなる素質を持つ学生を学部段階から育成する理数オナープログラムでは、リーダーに欠かせない高度な専門性に裏付けられた広い視野と社会

性を涵養することを目的として、理数オーナープログラム修了者の中から、優れた学業成績を修め、かつ、在学中に特筆すべき社会活動、体験活動、教育活動等（オーナー体験）に積極的に取り組んだ学生を「優秀修了」として認定する。H25年度理数オーナープログラム修了者から適用し、R2年度には4名（内、物理学科は1名）の優秀修了者がでた。

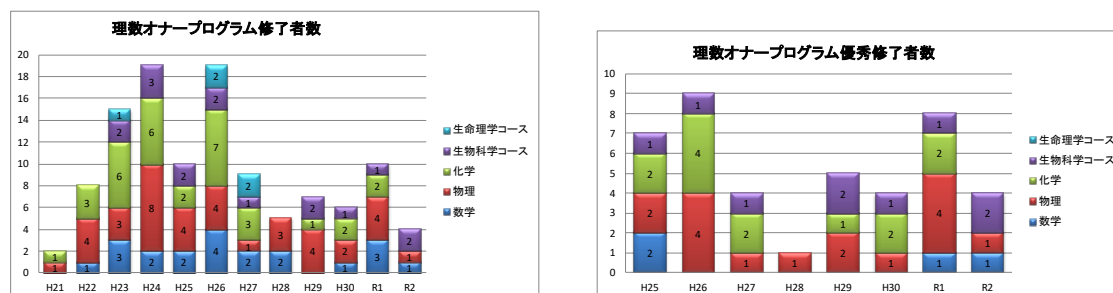


図 8.2: オナープログラム修了者数と優秀修了者数

8.2 オナーセミナー

学部の低学年から意欲ある学生をさらに引き上げる方法として、少人数制の理数オーナーセミナーを開講している。高度な内容の授業を行うとともに、主体的な学習態度を身につけさせ、セミナー終了後は教員および学生の評価をもとにセミナーをさらに改良することを目標とする。少人数制のため、個々の能力を教員が的確に把握できるので、彼らの実力を加味しつつ、学生の好奇心を引き出し、通常授業の枠にとられない内容を展開する。H23年度は28のオーナーセミナーを開講したが、R2年度は春夏学期・秋冬学期合わせて38（春夏学期17、秋冬学期21）のオーナーセミナーを開講し、のべ65名（春夏学期31名、秋冬学期34名）が履修した。物理学科では、春夏学期は3セミナーを開講、秋冬学期は5セミナーを開講した。

《春夏学期》物理オーナーセミナー 開講3セミナー 受講者数4名

A コンピュータでものを動かしたり、測定をしてみよう（南條 創）

物理学科3年2名

B 目に見えない放射線をつかまえる（川畑 貴裕、小田原 厚子）

物理学科2年1名

E 核反応で探る宇宙元素合成（嶋 達志、梅原 さおり）

物理学科2年1名

《秋冬学期》物理オーナー 開講5セミナー 受講者数8名

G 反粒子の世界（板橋 隆久、青木 正治）

物理学科1年1名、2年1名

S 研究室に入って好きな研究をしてみよう

（飯塚 則裕）物理学科3年1名

（川畑 貴裕）物理学科2年1名

(兼松 泰男) 物理学科1年2名、物理学科3年1名
 (吉野 元) 物理学科3年1名

8.3 自主研究と発表会

自分で研究課題を見いだした学生には、オナーセミナーの中で何度か発表をさせて実行可能な課題となるように指導した。なかなか自分で課題を見いだせない学生に対しては、担当教員が用意した大きなテーマの中から学生に選ばせ、討論を通して具体的な研究課題を見いだすように指導した。最終的に参加学生が選択した研究課題は資料にまとめた。自主研究の課題探しは、オナーセミナー開始後2ヶ月目から始める。

オナーセミナーの授業と並行して、自ら課題を見つけ自主研究に取り組んだ成果を発表するために研究成果発表会を春夏学期1回、秋冬学期1回ずつ合計2回開催した。発表時間は一人10分、質疑応答は5分とした。全学科ともオナーセミナーの通常授業の平常点と発表会の出来を合算し、成績評価を行った。

発表のパフォーマンス力が高かった学生を聴衆の投票結果により表彰し、学生のやる気を高めるようにした。また、研究データの考察方法や、文章による説明能力を養うため、この研究結果を自主研究報告書にまとめさせて提出させた。

2020 春夏学期 オナー自主研究発表会

2020年9月28日(月) 12:45-16:00 at 南部陽一郎ホール

2020年9月29日(火) 9:45-15:20 at 南部陽一郎ホール

物理オナーセミナーからの発表 3セミナー 参加学生4名4演題

〈南條 G〉 コンピュータでものを動かしたり、測定をしてみよう

1 光を用いた測距センサーによる自律走行 物理学科 3年

2 超音波センサを用いた物体の輪郭検出 物理学科 3年

〈川畑、小田原 G〉 目に見えない放射線をつかまえる

3 自作モニターによるラドン濃度測定 物理学科 2年

〈嶋、梅原 G〉 核反応で探る宇宙元素合成

4 磁場による宇宙線ミュオンの遮蔽 物理学科 2年

2020 秋冬学期 オナー自主研究発表会

2021年3月29日(月) 13:30-15:55 at 南部陽一郎ホール

2021年3月30日(火) 10:15-16:30 at 南部陽一郎ホール

物理オナーセミナーからの発表 5セミナー 参加学生7名5演題

〈板橋・青木 G〉 反粒子の世界

1 CP 対称性の破れと小林益川理論 物理学科 2年

〈オナー S 飯塚 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう

2 エントロピーでブラックホールを見てみよう 物理学科 3年

〈オナー S 吉野 G〉 研究室に入って好きな研究をしてみよう

- 3 画像修復におけるイジングモデルの応用 物理学科3年
〈オーナーS 川畑G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 4 PIN ダイオードを用いたラドン検出器によるラドン濃度測定
～地震との関連性の発見を目指して～ 物理学科2年
〈オーナーS 兼松G〉研究室に入って好きな研究をしてみよう
- 5 質量分析イメージング装置の製作 物理学科1年2名、3年1名共同発表

8.4 大学院科目等履修生，リーディング大学院生との関係

理学部では、早めに自立して研究ができる学力を習得させるため、一定以上の成績をとった学生を対象に、3、4年次の段階で大学院生に混ざって授業が受けられる制度を用意している。全学科学部生を対象としており、選抜方法等、各学科長に一任されている。元々は理数オーナープログラム受講生に対し、学年を超えた勉強の機会を提供しようとして導入された制度であるので、各学科ごとの基準とはいえ、おのずと理数オーナープログラム参加者の認定が多い。R2年度に大学院科目等履修生の資格を与えられた者の数を表8.1にまとめる。30名中、11名がオーナー参加者である。

表 8.1: 大学院科目等履修生（候補者）の数

学科	学年	候補者数, オナー参加者数								
		H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
物理学科	4年生	7, 6	6, 3	20, 6	7, 3	5, 3	10, 6	9, 2	6, 6	15, 5
化学科	4年生	6, 6	2, 2	8, 8	3, 3	2, 2	1, 1	3, 3	3, 3	4, 4
生物科学科	4年生	5, 2	3, 2	7, 3	17, 8	9, 1	8, 3	9, 2	12, 1	11, 2
合計		18, 14	11, 7	35, 17	27, 14	16, 6	19, 10	21, 7	21, 10	30, 11

大阪大学では、既存の研究分野の枠にとらわれず、より広く深い知識を身につけ、それを社会で実践し、グローバルに活躍できる人材を育てる「博士課程教育リーディングプログラム」を文科省の支援を受け、平成23年度から全学で取り入れている。国の将来を担う人材の候補生として、大学も力を入れてバックアップしているプログラムである。また、R2年度からは新たに理工情報系オーナー大学院プログラムと量子ビーム卓越大学院プログラムがスタートした。理学研究科の博士課程に進学した理学部卒業生のうち、本大学院プログラムに選抜された奨学生とその中でオナー生の人数を表8.2に記す。

表 8.2: 博士課程教育リーディングプログラムへのオナー参加者数

プログラム名	理学研究科採択者数, オナー参加者数									
	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2
超域イノベーション	2, 1	2, 0	2, 0	1, 0	3, 1	0,0	2,1	0,0	0,0	1,0
生体統御ネットワーク 医学教育	4, 3	2, 2	2, 2	0, 0	2, 1	2,0	2,1	—	—	—
インタラクティブ 物質科学カデット	—	11, 8	9, 7	8, 1	7, 4	8,3	7,1	4,1	3.1	1,1
理工情報系オナー大学院	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0
量子ビーム卓越大学院	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,4

8.5 オナープログラム参加者の活動記録

オナープログラムも今年度で14年目を迎えた。オナーセミナーを受講している学部生は、何事にも好奇心旺盛である点などで仲良くなるスピードも早く、研究発表や交流会を通して、学科、学年を超えた集団ができていく。こういう元気な学生が在籍する理数オナープログラムの卒業生が今後どの方面で活躍していくか楽しみであり、先端的な取り組みを始めた大阪大学理学部の誇りであると言える。

オナーセミナー、発表会以外にも学生が中心となり、企画運営した R2 年度の活動内容を下記に記す。

- 1) オンラインオナー交流会 R2.5/22 Zoom

学生参加者 18 名 職員 2 名

- 2) オープンキャンパス R2.8/3~8/16 マイハンダイアプリにて公開

オナー参加者 7 名

- 3) 2020 春夏学期自主研究発表会 R2.9/28,29 理学部 D 棟 D501 講義室

- 4) オナー交流会 R2.12/17 理学部 D 棟 D301 講義室、Zoom 併用

学生参加者 10 名 教職員 3 名

- 5) 第 10 回サイエンス・インカレ (文部科学省主催) R3.1 月よりオンライン開催

出場者 2 名 口頭発表者 2 演題 2 名 (生物科学 B3 2 名)

生物科学 B3 1 名 (口頭) 「側根原基形成自己組織化における局所的なオーキシン生合成の役割」

生物科学 B3 1 名 (口頭) 「マウス概日リズムの社会的同調」

- 6) オナープログラム修了式 R3.3/24 理学部 D 棟 D501

理数オナープログラム修了者 4 名 優秀修了者 4 名

- 7) 2020 秋冬学期自主研究発表会 R3.3/29,30 理学部 J 棟南部陽一郎ホール

(文責：兼村 晋哉)

第9章 国際化推進事業

9.1 International Physics Course (IPC)

国際化推進事業は、「国際化拠点整備事業（グローバル30）」をもとに、大学の機能に応じた質の高い教育の提供と、海外の学生が我が国に留学しやすい環境を提供する取組のうち、英語による授業等の実施体制の構築や、留学生受け入れに関する体制の整備、戦略的な国際連携の推進等、我が国を代表する国際化拠点の形成の取組を支援することにより、留学生と切磋琢磨する環境の中で国際的に活躍できる高度な人材を養成することを目的としています。

文部科学省 HP

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/07/1280880.htm

平成20年に策定された「留学生30万人計画」の具体的な実現への方策の一部として、英語のみで受講・卒業できるコースの創設、国際公募による外国人教員の採用、受け入れ体制の整備等、特に大学のグローバル化に重点が置かれているところが特徴です。

大阪大学は、学位取得が可能な英語コースとして、「化学・生物学複合メジャーコース」（理学部・工学部・基礎工学部共同）、「人間科学コース」（人間科学部）の学部コース及び「統合理学特別コース」、「国際物理特別コース」（理学研究科）の大学院コースを平成22年度に新設しました。これらのコースは、既存の英語コース（フロンティアバイオテクノロジー英語特別プログラム、船舶海洋工学英語特別コース、“Engineering Science 21st Century”プログラム、量子エンジニアリングデザイン研究特別プログラム）に加えて、本学の教育プログラムの幅を一段と広げるものとして期待されるものです。留学生数については、G30の定める目標年である平成32年までに、約2倍の3,000名とすることを目標値として掲げています。構想では、現在約200名弱の受け入れがある1年未満の短期留学生数を今後拡大し、平成32年にはおよそ1,000名規模まで拡大することを目指します。

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻では、平成22年10月に国際物理特別コース（IPC）を新しく開設しました。このコースは授業・研究指導とも英語で行われ、国際共同研究や実験など、国際舞台で活躍できる人材を育成します。大阪大学は高強度レーザーと高エネルギー加速器の両方の大型装置を所有している唯一の大学です。凝縮系物理学や他の分野に興味がある学生の方や、海外からの留学生も歓迎しています。奨学金制度もあります。定員は、MSコースが1学年5名、PhDコースが1学年5名です。

平成 22 年度は、平成 22 年 10 月 1 日に、第一期生を迎え入れました。入学者は、MS コースが 5 名、PhD コースが 3 名で、国籍は、中国 3 名、ベトナム 3 名、エストニア 1 名、バングラデシュ 1 名です。さらに、平成 23 年 10 月 1 日に、第二期生を迎え入れました。入学者は、MS コースが 5 名、PhD コースが 1 名で、国籍は、中国 3 名、ベトナム 1 名、インドネシア 1 名、マレーシア 1 名です。平成 24 年度 10 月 1 日に、第三期生を迎え入れ、入学者は、MS コースが 2 名、PhD コースが 3 名（学内進学）で、国籍は、中国 4 名、ベトナム 1 名です。平成 25 年 10 月 1 日に、第四期生を迎え入れ、入学者は、MS コースが 5 名、PhD コースが 5 名（学内進学 2 名）で、国籍は、フランス 1 名、ドイツ 1 名、シンガポール 1 名、中国 1 名、モンゴル 1 名、ベトナム 3 名、マレーシア 2 名です。平成 26 年 10 月 1 日に、第五期生を迎え入れ、入学者は、MS コースが 4 名、PhD コースが 1 名（学内進学）で、国籍は、中国 3 名、ベトナム 2 名です。

平成 27 年度から、PhD コースの 4 月入学制度を取り入れることになりました。平成 27 年 4 月 1 日に第六期生を迎え入れ、入学者は、PhD コースに 1 名で、国籍は、マレーシアです。10 月 1 日入学者は、MS コースが 3 名、PhD コースが 6 名（学内進学 1 名）で、国籍は、中国 1 名、インドネシア 1 名、マレーシア 1 名、カザフスタン 1 名、インド 1 名、イラン 1 名、イタリア 1 名、ベトナム 2 名です。

平成 28 年度から、MS コースの 4 月入学制度も取り入れることになりました。平成 28 年 4 月 1 日に第七期生を迎え入れ、入学者は、MS コースが 1 名、PhD コースが 1 名（学内進学）で、国籍は、マレーシア、モンゴルです。10 月 1 日入学者は、MS コースが 3 名、PhD コースが 7 名（学内進学 4 名）で、国籍は、ベトナム 3 名、中国 4 名、マレーシア 2 名、インド 1 名です。

平成 29 年 4 月 1 日に第八期生を迎え入れ、入学者は、MS コースが 2 名、PhD コースが 1 名で、国籍は、ベトナム、韓国です。10 月 1 日入学者は、MS コースが 1 名、PhD コースが 5 名（学内進学 2 名）で、国籍は、ベトナム、インドネシア、中国、マレーシア、フランス、カザフスタンです。

平成 30 年 4 月 1 日に第九期生を迎え入れ、入学者は、MS コースが 2 名、PhD コースが 1 名（学内進学）で、国籍は、中国、ジョージア、マレーシアです。10 月 1 日入学者は、MS コースが 1 名、PhD コースが 1 名で 国籍は、ベトナム、バングラデシュです。

平成 31 年 4 月 1 日に第十期生を迎え入れ、入学者は、MS コースが 1 名、PhD コースが 2 名（学内進学 1 名）で、国籍は、中国、ベトナム、ブラジルです。10 月 1 日入学者は MS コースが 5 名、PhD コースが 2 名で、国籍は、インドネシア、アメリカ、スペイン、中国、イタリア、ベトナム、インドです。

令和 2 年 4 月 1 日に第十一期生を迎え入れ、入学者は、PhD コースが 1 名（学内進学）で、

国籍は、中国です。10月1日入学者はMSコースが3名、PhDコースが1名で、国籍は、中国3名、マレーシア1名です。

令和2年12月から令和3年1月にかけて、令和3年度の入学のための入学試験を行い、4月入学のMSコースが4名、PhDコースが3名（学内進学1名）、10月入学のMSコースが3名、PhDコースが1名の合格者を発表しています。国籍は、中国5名、インドネシア、ベトナム、マレーシア、フランス、日本2名です。

(文責：越野 幹人)

第10章 大学院等高度副プログラム

10.1 プログラムの目的

「大学院等高度副プログラム」は、大学院レベルの学生が幅広い領域の素養や複眼的視野を得るとともに、新しい分野について高度な専門性を獲得する学際融合的な教育プログラムである。同プログラムは、各実施部局及び学際融合教育研究センターが協力して推進している。

同プログラムは、幅広い分野の知識と柔軟な思考能力を持つ人材など、社会において求められる人材の多様な要請に対応する取組として、教育目標に沿って、一定のまとまりを有する授業科目により構成され、体系的に履修することができるプログラムである。このプログラムは、平成20年度より開設され、平成23年度からは、一部のプログラムについて、6年生課程の学部（医学部・歯学部・薬学部）5、6年次生も対象とされている。プログラム毎に定める修了の要件を満たすことで、プログラムの修了認定証が交付される。

理学研究科では、物理学専攻が中心になり、平成24年度から「基礎理学計測学」と「放射線科学」の2つのプログラムを新規提案し、実施している。なお、2019年度（平成31年度、令和元年度）より、「放射線科学」は放射線科学基盤機構に実施部局が変更になった。

「高度副プログラム」の詳細は、以下のURLを参照。

<http://www.osaka-u.ac.jp/ja/education/fukusenkou>

10.2 基礎理学計測学

10.2.1 プログラム概要

様々な計測機器や分析機器は、物理、化学、生物科学、ライフサイエンス、環境科学など幅広い分野の研究において、必要不可欠なものとして用いられている。しかしながら、近年、装置がブラックボックス化し、その原理をよく理解せずに機器を利用し、得られた結果についての考察や評価を十分に行えないケースが増えてきている。また、他の誰も見たことがないようなモノを見ようとする時には既存の計測機器では不可能な場合がほとんどで、新たに機器を開発することが必要となる場合もある。このような場合にも、測定原理などをしっかりと理解していることが必須である。

本プログラムでは、「質量分析」、「NMR」、「X線結晶解析」、「放射線計測」、「機器制御」、「分光計測」、「低温電子顕微鏡」などの分析・計測法に関して、その機器や測定の基本原則

を系統的に講義形式で学ぶとともに、その技術を体得するための実習も同時に行うことを特徴とする。さらにこのような最先端計測技術の基礎となっている原理についても講義形式で学ぶことができる。このプログラムで学んだ計測技術を実際の研究に役立てられることを目指す。

10.2.2 修了要件

8単位以上。ただし、実習形式の講義（先端的研究法、先端機器制御学、分光計測学）の中から4単位以上必ず取得すること。

10.2.3 授業科目

選択必修科目

先端的研究法：質量分析、先端的研究法：X線結晶解析、先端的研究法：NMR、先端機器制御学、分光計測学、低温電子顕微鏡

選択科目

放射線計測基礎1、放射線計測基礎2、放射線取扱基礎、放射線計測学、放射光物理学、加速器科学、加速器物理学、孤立系イオン物理学、有機分光化学(I)、生体分子化学(I)、核化学1(I)、核磁気共鳴分光学(I)、無機分光化学概論、先端物性工学、表面分析工学、時空間フォトンクス、レーザー分光学、基礎物理学I、基礎物理学実習

10.2.4 プログラム登録者数

2020年度のプログラム登録者数は9名であった。その内訳は、理学研究科化学専攻5名（M2：4名、D3：1名）、理学研究科生物科学専攻2名（M2：1名、D3：1名）、工学研究科環境エネルギー工学専攻1名（M1：1名）、情報科学研究科バイオ情報工学専攻1名（D3：1名）である。

なお、2020年度の本プログラム修了者は6名（理学研究科博士後期課程化学専攻：1名、理学研究科博士前期課程化学専攻：4名、工学研究科博士前期課程環境エネルギー工学専攻：1名）であった。

10.3 放射線科学

10.3.1 プログラム概要

放射線計測は素粒子原子核実験を行う上で基礎的な技術であり、いまもなお先進的な研究開発が行われている。しかし、それにとどまらず、様々な分野に応用され、研究・実用において不可欠なものとなっている。本プログラムでは、基礎的な計測技術の習得から、加速器を用いた最先端の放射線科学を、実験実習を中心として習得する。

すでに、医学物理士コースのために核物理研究センターと理学研究科物理学専攻ならびに附属基礎理学プロジェクト研究センターは講義・実験を協力して行っている。本プログラムはこれをさらに進めるとともに、最先端の医療現場での放射線計測についてもその基礎を学ぶ。

このような要求は日本だけでなく大きな加速器施設を持たない ASEAN 諸国でも非常に高い。理学研究科では核物理研究センターと共同で「物理実験基礎コース」を ASEAN・中国の学生を招聘して、英語での講義・実験を行ってきた。本プログラムではそれらの英語による講義・実験を用いる事により、日本国内だけでなく世界に開かれたプログラムとする。

10.3.2 修了要件

8 単位以上。

10.3.3 授業科目

必修科目

放射線計測基礎 1、放射線計測基礎 2、放射線計測応用

選択科目

加速器科学、放射線計測学、核化学 1(I)、放射線取扱基礎、放射線計測学概論 1、放射線計測学概論 2、Nuclear Physics in the Universe、放射線診断物理学、高精度放射線治療、粒子線治療

10.3.4 プログラム登録者数

2020 年度のプログラム登録者数は 2 名であった。その内訳は、理学研究科物理学専攻 1 名 (M2 : 1 名)、理学研究科化学専攻 1 名 (M2 : 1 名) である。

なお、2020 年度の本プログラム修了者は 1 名 (理学研究科博士前期課程化学専攻) であった。

(文責：豊田 岐聡)

第11章 国際交流活動

11.1 目的

大阪大学大学院理学研究科（物理学専攻）での国際交流活動の主たる目的は

1. 物理学専攻の教育研究の成果を海外に向けて積極的に情報発信すること
2. 海外の大学や研究機関から本研究科博士前・後期課程への学生の入学を推進することである。

このような活動には、教員個々人のチャンネル形成と信頼関係の形成が必要である。それに加え、研究科としてオーソライズされた組織的なプロモーション活動も必要であり、物理学専攻としてはこれらについて努力している。2020年度の活動は、以下の通りである。

11.2 活動の内容

- 本研究科・専攻・教育研究・International Programs の紹介。
- 本研究科・専攻の大学院生への経済的支援の説明。
- 本研究科・専攻の短期、長期の研究活動の可能性、希望や意見などの聴取。
- 在学中から Home Institute と連絡を取り合い、一人の学生を育てていく Double Degree Program（以下 DDP）や、留学生の経済支援について Home Institute との co-funding の検討・議論。
- Workshop の実施。
- 教育研究関連公的機関への訪問・情報収集。

11.3 海外から阪大への来訪者

COVID-19 の影響のため海外からの訪問者なし。

11.4 海外研究機関訪問

COVID-19 の影響のため海外への派遣者なし。

11.5. 海外研究機関および阪大における海外拠点との国際会議・シンポジウム・集中講義175

11.5 海外研究機関および阪大における海外拠点との国際会議・シンポジウム・集中講義

区分, 事業名, 代表者名, 相手国機関名, 国名, 期間, 参加者数

1. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 University Of Amsterdam デンマーク 2020/4/17 2020/4/17 60 名
2. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 Simons Center for Geometry and Physics アメリカ 2020/5/15 2020/5/15 60 名
3. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 University of Amsterdam デンマーク 2020/6/12 2020/6/12 60 名
4. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 Ecole Polytechnique Federale de Lausanne フランス 2020/6/26 2020/6/26 60 名
5. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 University of Cambridge イギリス 2020/7/10 2020/7/10 60 名
6. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 University of California, Berkeley アメリカ 2020/7/24 2020/7/24 60 名
7. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 University of Geneva スイス 2020/8/7 2020/8/7 60 名
8. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 Herriot-Watt University イギリス 2020/8/21 2020/08/21 60 名
9. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 Fudan University 中国 2020/9/4 2020/9/4 60 名
10. スクール/セミナー East Asian String Webinar 飯塚 則裕、橋本 幸士 University of Oxford イギリス 2020/9/18 2020/9/18 60 名
11. スクール/セミナー 研究交流 String lunch (Online lunchtime discussion about string theory) 飯塚 則裕、橋本 幸士 National Taiwan University 台湾 2020/5/8 2020/7/3 16 名
12. スクール/セミナー Intensive lecture by Prof. Seok Kim about black holes in AdS/CFT for grad students at Osaka 飯塚 則裕 Seoul National University 韓国 2020/7/15 2020/7/31 15 名
13. スクール/セミナー 高エネルギー密度科学に関するオンライン講義 藤岡 慎介 北京師範大学 中国 2020/9/24 2020/9/25 22 名

14. スクール/セミナー 相手方の研究所におけるオンラインセミナー 赤松幸尚 Tata Institute of Fundamental Research インド 2020/11/4 2020/11/4 12
15. スクール/セミナー DESY Seminar 山中 卓 DESY (ドイツ電子シンクロトロン研究所) ドイツ 2021/2/11 2021/2/11 16 名
16. スクール/セミナー Frontiers of Condensed Matter Physics Columbia 2021 Spring Online Lectures Columbia University Columbia University アメリカ合衆国 2021/1/11 2021/3/12 60 名
17. スクール/セミナー オンラインセミナー 小口多美夫 ウプサラ大学 スウェーデン 2021/3/19 2021/3/19 24 名
18. スクール/セミナー (IPC) Topical Seminar 大岩顕 カナダ国立研究機関 カナダ 2020/11/16 2020/11/26 23 名
19. スクール/セミナー FLASH Seminar 藤岡慎介 カルフォルニア大学サンディエゴ校 米国 2021/1/14 2021/1/14 9 名
20. ワークショップ Informal Journal Club in Lattice QCD における発表 (タイトル: 「Brian Method in Maximum Entropy Method」) 浅川 正之 CERN スイス 2020/5/20 2020/5/20 26 名
21. ワークショップ The 6th RHIC-BES Theory and Experiment On-Line Seminar 北沢正清 北京大学 中華人民共和国 2020/9/8 2020/9/8 109 名
22. ワークショップ Extreme Nonequilibrium QCD (ONLINE) 北澤正清 International Centre for Theoretical Sciences (ICTS) インド 2020/10/5 2020/10/9 101 名
23. ワークショップ Proton Mass Workshop: Origin and Perspective 北澤正清 Argonne National Laboratory (online) アメリカ 2021/1/14 2021/1/16 41 名
24. ワークショップ RHIC-BES on-line seminar (Series II) 浅川 正之 北京大学 中国 2021/2/2 2021/2/2 103 名
25. ワークショップ the International conference on Critical Point and Onset of Deconfinement 北澤正清 GSI ドイツ 2021/3/15 2021/3/19 272 名
26. ワークショップ Workshop on Muon Collider Testing Opportunities 佐藤朗 CERN, FNAL, ICL 等 スイス、英国、米国、イタリア、フランス、ドイツ 2021/3/24 2021/3/25 102 名
27. ワークショップ CLFV with high intensity muon factories 佐藤朗 Caltech, FNAL, Illinois Institute of Technology, PSI, RAL 等 米国、スイス、英国等 2020/12/10 2020/12/10 57 名
28. ワークショップ FFA' 20 Workshop 佐藤朗 FNAL, PSI, RAL, TRIUMF 等 米国、スイス、英国、カナダ、中国等 2020/11/30 2020/12/4 58 名

29. ワークショップ Exchange program between SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY (SJTU) and OSAKA UNIVERSITY (OU) 保坂 淳 (核物理研究センター) 上海交通大学 中国 2020/11/30 2020/11/30 25 名
30. ワークショップ The 16th Direct Drive and Fast Ignition Workshop ELI-beamline チェコ 2021/3/22 2021/3/24 49 名

11.6 部局間学術交流協定

2020年度現在で、物理学専攻の教員がコンタクトパーソン（CP）となっている海外研究機関との部局間学術交流協定は、以下の通りである。

1. インペリアル・カレッジ・ロンドン (自然科学部) (英国)
2006/6/19-2023/5/6 CP:越野幹人教授
2. マレーシア工科大学 (理学部) (マレーシア)
2009/8/5-2024/8/4 CP:越野幹人教授
3. イスタンブール大学 (理学部) (トルコ)
2009/10/21-2024/10/20 CP:川畑貴裕教授、松多健策准教授
4. タタ・インスティテュート (自然科学部)
2010/3/23-2020/3/22 CP:越野幹人教授, Luca Baiotti 特任准教授
5. ユヴァスキュラ大学 (数学科学部) (フィンランド)
2010/12/2-2025/12/1 CP:小川哲生教授
6. フリードリッヒ・ヴィルヘルム大学ボンとケルン大学によるボン・ケルン統合物理・天文大学院 (ドイツ)
2011/3/14-2021/7/3 CP:越野幹人教授
7. インハ大学 (理学部) (韓国)
2011/12/22-2021/12/21 CP:保坂淳教授、浅川正之教授
8. フリードリヒ・シラー大学イエーナ (物理・天文学部) (ドイツ)
2011/12/21-2021/12/20 CP:花咲徳亮教授、松本卓也教授
9. インド工科大学ボンベイ (理学部) (インド)
2012/2/24-2022/2/23 CP:越野幹人教授
10. デリー大学 (理学部) (インド)
2012/8/30-2023/6/13 CP:久野良孝教授
11. ブレーメン大学 (物理・電気工学科) (ドイツ)
2013/3/4-2023/3/3 CP:越野幹人教授

12. アルファラビ・カザフ国立大学（物理工学部）（カザフスタン）
2013/6/4-2021/6/3 CP:保坂淳教授、越野幹人教授
13. ティビリシ国立大学（精密自然科学部）（ジョージア）
2015/10/8-2020/10/7 CP:越野幹人教授
14. バンドン工科大学（数学・自然科学部）（インドネシア）
2015/12/25-2020/12/24 CP:小川哲生教授
15. ベラルーシ国立大学（物理学部）（ベラルーシ）
2015/11/17-2020/11/16 CP:越野幹人教授
16. 蘭州大学（物理科学技術学院）（中国）
2016/8/14-2021/8/13 CP:保坂淳教授
17. ムンバイ大学（理学部）（インド）
2016/5/12-2021/5/11 CP:越野幹人教授, Luca Baiotti 特任准教授
18. 国立交通大学（理学院）（台湾）
2017/3/22-2022/3/21 CP:久保孝史教授、越野幹人教授
19. モナシュ大学（理学部）（オーストラリア）
2017/12/7-2022/12/6 CP:越野幹人教授、青木正治教授
20. 国立清華大学（理学部）（台湾）
2018/6/27-2023/6/26 CP:越野幹人教授、久保孝史教授
21. ロイヤルメルボルン工科大学（オーストラリア）
2019/3/23-2024/3/22 CP:兼松泰男教授、豊田岐聡教授、近藤勝義教授
22. 南京大学（物理学院）（中国）
2019/5/20-2024/5/19 CP:越野幹人教授、青木正治教授

11.7 その他

物理学専攻（博士課程）の在籍留学生人数は、2020年4月1日現在で合計30名。
（国費留学生：8名、私費留学生：20名、政府派遣留学生：2名）

（文責：越野 幹人）

国名	前期課程	後期課程	非正規生
アメリカ	1	0	0
イタリア	1	0	0
インドネシア	1	1	0
カザフスタン	0	1	0
ジョージア	0	0	1
スペイン	1	0	0
スリランカ	1	0	0
バングラデシュ	0	1	0
ブラジル	0	1	0
フランス	0	1	1
ベトナム	1	3	0
マレーシア	0	3	1
大韓民国	2	1	0
中国	3	3	0
香港	1	0	0
計	12	15	3

第12章 湯川記念室

12.1 令和2年度活動概観

大阪大学湯川記念室は、湯川博士の中間子論が大阪大学(旧大阪帝国大学)理学部にて生まれ、日本で最初のノーベル賞として実を結んだことを記念して、1953年、本部に直属する組織として発足し、1976年に改めて附属図書館内に設置された。2008年10月より、大阪大学総合学術博物館に属する。理学研究科、特に、物理学専攻のメンバーが中心的に運営をにない、物理や自然科学の基礎の社会的、学内的な啓蒙活動に積極的に取り組んでいる。

湯川記念室のホームページは <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/> である。湯川記念室委員会は全学的な組織で、委員長は橋本幸士である。

12.2 湯川記念講演会

毎年実施し2019年度は第35回を数えた湯川記念講演会は、2020年度はコロナ禍のために実施を断念した。

12.3 その他

委員長の橋本はNHKのニュース番組『NHK 週間まるわかりニュース』(2020/10/3 放送回)に出演した。番組内で委員長は湯川秀樹の業績や人となりについて解説し、その内容はNHKの「ミガケ好奇心!」に掲載されている。

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20201007/k10012651771000.html>

また、湯川記念室のホームページを一部英語化し、外国からのホームページアクセス、大阪大学と湯川秀樹の関係についての広報を行った。

(文責：橋本 幸士)

第13章 社会活動

13.1 物理学科出張講義の記録

主に高校生を対象とした2020年度の物理学科出張講義等の教育活動が、物理学専攻の福田光順准教授の取りまとめにより、宇宙地球科学専攻と物理学専攻の教員の協力で、以下の2校において実施された。新型コロナウイルス感染拡大の影響のため、例年に比べ申込数も少なく、また、申込があっても直前に中止となるケースもあった。

学校名	所在地	日時	講師	対象
大阪府立北千里高等学校	吹田市	9月23日(水)	山中 千博	2年生 約30名
福井県立藤島高等学校	福井市	10月16日(金)	松野 丈夫	2年生 約40名 オンライン

(文責：福田 光順)

その他に、令和二年度に以下のようなアウトリーチ活動が物理学専攻の教員によって実施された。

イベント名	開催場所	講師	開催日	対象
政策研究大学院大学履修証明プログラム 科学技術イノベーション政策・経営人材養成短期プログラム「共創型オープンイノベーション」	政策研究大学院大学およびオンライン	小川哲生	6月27日	一般(約40名)
「創造応用IS」の研究指導	兵庫県立兵庫高等学校	小田原厚子	9月2日から2月20日(週1回)	高校生(8名)
第15回女子中高生のための関西科学塾D日程 オンライン科学塾	大阪大学大学院理学研究科	小田原厚子	10月13日	高校生(12名)

SSH大阪大学 原子核物理学研修 Zoom オンライン講義	三重県立津高等学校	小田原厚子	11月8日	高校生(18名)
NHK文化センター「超ひも理論と異次元」	NHK文化センター横浜ランドマーク教室	橋本幸士	9月19日	一般(約30名)
本屋 B and B 「未来のための科学」	本屋 B and B	橋本幸士	10月10日	一般(約30名)
大阪府天王寺高校アカデメイア「時空と超ひも」	大阪府天王寺高校	橋本幸士	11月22日	高校生(約100名)
NHK文化センター「素粒子物理学の世界 第1回 宇宙を支配する数式」	NHK文化センター横浜ランドマーク教室	橋本幸士	12月12日	一般(約30名)
ファンダメンタルズトーク「類似からの展開」物理学の手法と芸術」	東京大学数物連携宇宙研究機構	橋本幸士	12月12日	一般(約20名)
日本物理学会大阪支部2020年度公開シンポジウム「ディープラーニングと物理学」	日本物理学会	橋本幸士	12月19日	一般(約300名)
クラブハウス「成毛眞のサイエンス井戸端会議」	Clubhouse	橋本幸士	2月2日	一般(約100名)
クラブハウス「学問における新発見とは何か？」	Clubhouse	橋本幸士	2月4日	一般(約300名)
クラブハウス「異分野討論で新たな研究テーマを模索する～理論物理学 x 動物分類学」	Clubhouse	橋本幸士	2月9日	一般(約100名)
日本物理学会市民科学講演会「時空と超ひも」	日本物理学会	橋本幸士	3月20日	一般(約1400名)
クラブハウス「科学者の方舟」	Clubhouse	橋本幸士	3月10日	一般(約100名)
ドクター教員授業「原子核の世界～その2～フェムトワールドをもっと探検～」	滋賀県立膳所高等学校	川畑貴裕	10月21日, 10月27日, 11月4日	高校生(約240名)
「原子核の世界～フェムトワールドの探検～」	オンライン(京都府立嵯峨野高等学校)	川畑貴裕	11月16日	高校生(約100名)
ドクター教員授業「原子核と放射線」	滋賀県立膳所高等学校	川畑貴裕	12月16日	高校生(約80名)

SSH 研究指導「校有林におけるラドン濃度測定」	京都府立嵯峨野高等学校	川畑貴裕	1月30日, 3月20日	高校生 (1名)
SSH 理数科探究活動発表会 審査・講評	滋賀県立膳所高等学校	川畑貴裕	2月19日	高校生 (約40名)
SSH 普通科探究活動発表会 審査・講評	滋賀県立膳所高等学校	川畑貴裕	3月12日	高校生 (約40名)
洛星高校進路講演会「研究をするということ」	私立ヴィアートル学園洛星高等学校	小林研介	10月31日	高校1年生 (約130名)
名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻 (物理) 集中講義「グラフェンと2次元物質」	名古屋大学 (オンライン)	越野幹人	11月10, 17, 24日	大学院生 (約30名)
Accelerators - Principle and its Application	online, ヴェトナム科学技術大学 (ホーチミン市)	板橋隆久	12月21日-1月8日	大学院 (受講生26名)
ドクター教員授業「原子核と放射線」	滋賀県立膳所高等学校	古野達也	1月14日	高校生 (約80名)
NHK 文化センター「素粒子物理学の世界 第2回 実験で探る新たな素粒子の世界」	NHK 文化センター横浜ランドマーク教室	山中卓	1月16日	一般 (17名)
集中講義「素粒子実験学特論C」	神戸大学	南條創	1月16-18日	大学院生 (約20名)
ドクター教員授業「原子核と放射線」	滋賀県立膳所高等学校	足立智	1月29日	高校生 (約80名)
NHK 文化センター「素粒子物理学の世界 第3回 宇宙の成り立ちとヒッグス粒子」	NHK 文化センター横浜ランドマーク教室	兼村晋哉	2月6日	一般 (21名)

13.2 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2020

日時：2020年11月7日、14日、21日、28日 (土) 15時 - 18時

web： <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

主催：大阪大学大学院理学研究科

共催：大阪大学大学院工学研究科、基礎工学研究科、核物理研究センター、全学教育推進機構、レーザー科学研究所

協力：大阪大学 低温センター

SAP は、高校生を対象に、第一線の研究者が最先端の物理を分かりやすく講義するとともに、様々な実験のデモや体験も取り入れ、物理、科学、およびその応用、実用化に対する興味を引き出そうという野心的な試みであり、今年度も意欲的なプログラムを組んだ。今年度の「最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2020」は、COVID-19 の流行対策として zoom を用いたオンライン配信により開催した。毎回、高校生、一般を含め、平均 107 人が出席した。

毎回 3 時間の授業は、2 つの講義の間に、実験デモのビデオを流したり、実演を行うコーヒープレイクを挟む形態で行われ、自然の謎を解き明かす最先端の物理の探索とともに、我々の社会にこうした知識と技術がいかに生かされ実現されているか、未来への展望までがわかりやすく解説された。また、11 月 14 日には、工学研究科、核物理研究センター、レーザー科学研究所の最新設備の見学をオンラインにより実施した。

「知りたい、学びたい」と思って自主的に参加した高校生の熱気と質問に終始つまれながら、プログラムは順調に進行し、最終日には田中敏宏理事・副学長より祝辞が述べられた。4 回のプログラムは盛況のうちに終了した。

Saturday Afternoon Physics 2020

最先端の物理を高校生に

オンライン!

11/7 ▶ 11/28

毎週土曜日(4週連続) 15:00~18:00

<http://www.yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

今年度はオンライン!
大阪大学豊中キャンパスより配信

■対象者: 高校生 ■参加費: 無料
■募集人数: 180名程度

■申し込み先
〒560-0043 豊中市曙橋1町1-1
大阪大学 工学部理学研究科 物理学専攻 SAP事務局
TEL: 06-6850-5267 E-mail: sap@yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp

■プログラム(予定) 宇宙から極微の世界まで—
今回は、オンラインで開催します。
プログラムは、変更する場合があります。

11/7 自然界をめぐる旅へのいざない
身の回りの物理を体験しよう
宇宙への旅立ち
—はやぶさ2による小惑星「リュウグウ」—

11/14 吹田キャンパス オンライン見学
工学研究科、核物理研究センター、
レーザー科学研究所

11/21 量子の世界への旅立ち
—光の物理から量子力学へ—
分光計で見る量子の世界
物質の世界への旅立ち
—電子を自由に制御する—

11/28 原子核・素粒子の世界への旅立ち
—原子核と元素合成の秘密—
霧箱で放射線を見よう
—修了式—

■参加申し込み方法
Webページの申し込みのみに必要な事項をご記入ください。
事務局・保護者のサイン(必ず)が不可欠です。(参加申し込みが必要、人数制限有り)

必要事項
◎氏名(ふりがな) ◎申し込みの動機
◎学年、学年 ◎希望のうち参加できる日
◎自宅住所、郵便番号

申し込み期限 2020年9月30日(木) ※定員を上回る場合、参加限りがございます。

■申し込み先
QRコードから申し込みはこちら
下記URLからアクセスして下さい。
<http://www.yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

■お問い合わせ
〒560-0043 豊中市曙橋1町1-1
大阪大学 工学部理学研究科 物理学専攻 SAP事務局
TEL: 06-6850-5267 E-mail: sap@yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp

参加者の声
STUDENTS VOICES

「物理の面白さや、最新の物理の面白さを、自分の経験によって、自分なりに伝えていきたい」と思っていました。その思いを伝えるために、物理の面白さを伝えるために参加しました。

「物理の面白さや、最新の物理の面白さを、自分の経験によって、自分なりに伝えていきたい」と思っていました。その思いを伝えるために、物理の面白さを伝えるために参加しました。

「物理の面白さや、最新の物理の面白さを、自分の経験によって、自分なりに伝えていきたい」と思っていました。その思いを伝えるために、物理の面白さを伝えるために参加しました。

図 13.1: 「最先端の物理を高校生に SAP2020」のポスター

SAP2020 のプログラムは概ね以下のものであった。

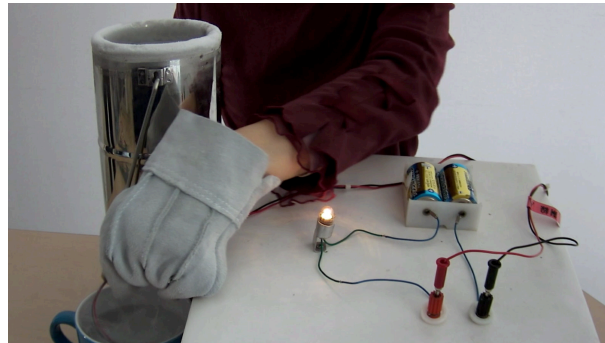


図 13.2: 実験の実演の様子

- 【11月7日】
講義1：自然界をめぐる旅へのいざない 藤田 佳孝（核物理研究センター）
コーヒーブレイク：身の回りの物理を体験しよう 阿部 真之（基礎工学研究科）、久保 等（工学研究科）、竹内 徹也（低温センター）、藤田 佳孝（核物理研究センター）、理学研究科技術部
- 【11月14日】 施設見学（吹田キャンパス見学会）
大学院工学研究科・レーザー科学研究所・核物理研究センターからオンラインにて配信。
- 【11月21日】 理学部 大講義室（D501）
講義1：量子の世界への旅立ち 渡辺純二（生命機能研究科）
コーヒーブレイク：分光計で見る量子の世界 福田光順（理学研究科）
講義2：物質の世界への旅立ち 松野丈夫（理学研究科）
- 【11月28日】 理学部 大講義室（D501）
講義1：原子核・素粒子の世界への旅立ち –万物の根源を求めて– 川畑貴裕（理学研究科）
コーヒーブレイク：霧箱を作って放射線を見よう 松多 健策（理学研究科）、小林 信之（核物理研究センター）

実施にあたり、実行委員として理学研究科から、深瀬浩一、尾西克之、兼松泰男、阪口篤志、鳥越美月、鳴海康雄、福田光順、松多健策、山口哲らが中心的に運営に携わった。

（文責：山口 哲）

13.3 「いちよう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開

「いちよう祭」「まちかね祭」は、新型コロナウイルス感染症対策のため自粛し開催を見合わせた。

（文責：松多 健策）

第14章 大阪大学オープンキャンパス(理学部)

2020年度の大阪大学オープンキャンパスは、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、大阪大学全体として完全オンライン形式で8月3日(月)～16日(日)に開催された。事前予約不要で誰でもいつでも参加可能な阪大公式スマートフォンアプリ「マイハンドアイアプリ」を利用する開催形式であった。

理学部への参加総数(学部ページへの訪問数で同一IPからの重複を除く)は2,417人と、2019年度の2,550人と同程度の参加人数であった。一方で、阪大全体の参加者に関する傾向であるが、オンライン形式をとることにより2020年度はこれまでに比べて、居住地域が近畿地方以外の参加者の割合が20%以上増加した。物理学科からは、学科紹介パンフレットの掲載のほか、模擬講義(はやぶさ2探査機による小惑星リュウグウ探査:佐々木晶教授)の動画配信なども行った。

(文責: 福田 光順)

第15章 令和二年度の年間活動カレンダー

4月2日	入学式
4月3日	新入生オリエンテーション
4月9日	春学期授業開始
4月23日	物理学専攻教室会議(第354回)
5月2日-3日	いちよう祭
5月28日	物理学専攻教室会議(第355回)
6月10日	春学期授業終了
6月11日	夏学期授業開始
6月18日	物理学専攻教室会議(第356回)
7月30日	物理学専攻教室会議(第357回)
8月7日	夏学期授業終了(夏季休業8月8日-9月30日)
8月24日	大学院合同入試 筆記試験
8月26-27日	大学院合同入試 面接試験
9月24日	物理学専攻教室会議(第358回)
10月1日	秋学期授業開始
10月29日	物理学専攻教室会議(第359回)
11月20日-22日	大学祭
12月1日	秋学期授業終了
12月2日	冬学期授業開始
11月26日	物理学専攻教室会議(第360回)
12月17日	物理学専攻教室会議(第361回)
12月28日-1月3日	冬季休業
1月16日-17日	大学入学共通テスト
1月21日	物理学専攻教室会議(第362回)
2月3日-5日	博士論文公聴会
2月5日	冬学期授業終了
2月9日-10日	修士論文発表会
2月24日	物理学専攻教室会議(第363回)
2月25-26日	入学試験(前期日程)
3月18日	物理学専攻教室会議(第364回)
3月25日	卒業式

第16章 物理学専攻における役割分担

<物理学専攻>

	令和二年度 担当者
専攻長 (物理学専攻)	花咲
副専攻長	黒木、川畑
物理学教室会議 議長団	酒井、新見、山口
物理学科長	花咲
専攻長 (宇宙地球科学専攻)	< 寺田 >
大学院教育教務委員会	黒木
大学院カリキュラム委員会	黒木
大学院入試実施委員会	黒木、松野
大学院入試説明会 WG	黒木、花咲、松本、川畑、木村、大野木、
物理学専攻・宇宙地球科学専攻入学案内資料作成	< 横田 >
前年度の年次報告書作成担当	酒井、山中
ネットワーク (ODINS) 管理	越智、新見
専攻 web 管理作成	吉田
理学部教職員過半数代表委員	南條、深谷
OCCS 化学薬品管理支援システム担当 (物理学専攻スーパーバイザー)	上田
OGCS 高圧ガス管理支援システム	上田
IPC 運営委員会	越野○、< 保坂○、Baiotti>、
図書委員	スレヴィン
物理メンバー写真パネル	山中

<物理学科>

	令和二年度 担当者
学年クラス担任 (2020 年度入学生)	松野 (1 組)、< 廣野 (2 組) >
学年クラス担任 (2019 年度入学生)	川畑 (2 組)、< 植田 (1 組) >
学年クラス担任 (2018 年度入学生)	兼村 (1 組)、< 林田 (2 組) >
学年クラス担任 (2017 年度入学生)	越野 (2 組)、< 大高 (1 組) >

拡大物理学科教務委員会	青木（正）○、阿久津、宮坂、大野木、吉田、福田（物理学実験）、山口（共通教育講義）、阪口（共通教育実験）、
学部生特別ケア	阿久津
3年生物理学学生実験	花咲◎、福田、宮坂
生命理学コース運営・教務委員会	松野、＜住＞
1年生研修旅行	南條○、菅野
1年生研修旅行同行者	南條○、菅野、松野（クラス担任）
能動性懇談会	川畑
「理科と情報数理の教育セミナー」世話人	杉山
就職担当	川畑
TA 担当 (理)	豊田
TA 担当 (共通教育)	松多
TA 担当 (高度副プログラム)	豊田
物理学科出張講義	福田
大阪大学理学部物理系同窓会	萩原◎、能町、豊田、花咲、鳴海、松多、野海（核物理研究センター）、吉田

＜理学研究科・理学部＞

	令和二年度 担当者
研究科長・学部長	＜深瀬＞
副研究科長	小川、豊田
企画調整会議	小川、豊田、＜深瀬、久保、近藤、西田、橋爪＞
専攻長	花咲、＜寺田＞
産学連携推進部	豊田◎（副研究科長）、松野
研究企画推進部会	豊田◎（基礎理学、副研究科長）、青木、萩原（先端強磁場）
共通機器管理部会	豊田◎（副研究科長）、福田
理学研究科ブロック・安全衛生管理委員会	川畑、杉山（先端強磁場）、石原（電気・機械）
防災委員会	花咲（専攻長）、萩原（液化室長）、萩原（先端強磁場）、川畑（放射線取扱主任者）
防災班員（第2班：物理学専攻）	花咲（班長）、川畑、黒木
いちよう祭実行ワーキンググループ	松多
ネットワークシステム委員	新見、青木順（基礎理学）、木田（先端強磁場）
web 情報委員会	吉田

広報委員会	福田、越野◎
オープンキャンパス小委員会	福田
SAP	山口◎、阪口、福田、松多、兼松（基礎理学）、鳴海（先端強磁場）
技術部運営委員会	萩原
技術部各室連絡会議：	
分析機器測定室連絡会議	石原、豊田（基礎理学）、< 村田 >
広報情報推進室連絡会議	酒井
教育研究支援室連絡会議	豊田（基礎理学）◎、< 山中（千） >
安全衛生支援室連絡会議	萩原（先端強磁場）◎
理学研究科等ハラスメント相談員	小田原
理学研究科等(S)ハラスメント対策委員会委員	阪口
国際交流委員会	越野
理学部入試委員会	花咲（専攻長）
理学部入試実施委員会（理学部AO入試実施委員会）	浅川
国際科学特別入試WG委員	黒木
理学部共通教育連絡委員会	山口
学部教育教務委員会	青木、宮坂、大野木（教育実習担当）
理学部プロジェクト教育実施委員会	川畑
学務評価委員会	青木、宮坂
学生生活委員会	兼村、阿久津
学生相談員	兼村、阿久津
大学院入試委員会	松野、黒木（大学院教育教務委員）、花咲（専攻長）
大学院教育教務委員会	黒木
施設マネジメント委員会	青木、萩原（先端強磁場）◎
放射線取扱主任者	川畑
エックス線・放射線専門委員会	川畑
放射線安全委員会	川畑
放射線障害防止委員会	三原
情報資料室運営委員会	スレヴィン
基礎理学プロジェクト研究センター運営委員会	小川◎（副研究科長）、橋本、豊田○（基礎理学、副研究科長）、能町（RCNP）
構造熱科学研究センター運営委員会	花咲
社会学連携委員会	松野
理学懇話会運営委員会	花咲（専攻長）、黒木

先端強磁場科学研究センター運営委員会	萩原（先端強磁場）◎、花咲、松野、鳴海（先端強磁場）、杉山（全学教育推進機構）
大学院教育プログラム実施委員会	川畑
選挙管理委員会	花咲、萩原（先端強磁場）
留学生担当教員	越野
なんでも相談室運営 WG	阿久津◎

◎は委員長（リーダー、責任者）、< >内は協力講座、他専攻、他部局

第17章 グループ構成 (令和二年度)

グループ	研究テーマ
	正メンバー
	準メンバー
	大学院学生 学部4年生
素粒子理論 (兼村)	テーマ: 素粒子論的宇宙論, 素粒子現象論
	正: 兼村晋哉, 尾田欣也, 柳生慶 準: Johannes Alf Braathen, Arindam Das
	D3: 久保田充紀 D2: 愛甲将司 D1: 田中正法 M2: 柴田海輝, 芝野敦子, 下田誠 M1: 小淵稜明, 佐々木寿明, 原智也, 和田博貴 B4: 北川歩, 望月美玖
素粒子理論 (橋本)	テーマ: 超弦理論, 場の量子論, 量子重力, 数理物理
	正: 橋本幸士, 山口哲, 飯塚則裕, 菅野優美 準: 松尾善典
	D3: 芥川哲也, 太田敏博 D2: 榎本一輝, 松木義幸 D1: 住本尚之 M2: 坂川裕則, 青木匠門, 姉川尊徳, 片山兼渡, 名古屋雄大, 毛受正裕 M1: 坂川友亮, 渡辺涼太 B4: 池上魁, 金子悠仁, 花野正浩
素粒子理論 (大野木)	テーマ: 素粒子物理学, 格子ゲージ理論, 場の量子論
	正: 大野木哲也, 田中実, 深谷英則 準: 〈高杉英一〉, 〈細谷裕〉, 〈窪田高弘〉, Christian Rohrhofer
	D2: 川井直樹 D1: 川上紘輝 M2: 小出真嵩, 西川航平 M1: 村勇志 B4: 西岡蒼矢, 片山諒介
原子核理論	テーマ: ハドロン物理学
	正: 浅川正之, 北澤正清, 赤松幸尚 準: 河野泰宏
	D3: 三浦崇寛, 柳原良亮 D2: 大塚高弘 M2: 三宅浩雅, 伊藤広晃, 大嶋涼介, 西村透, 肥後本拓也 M1: 開田有奏, 田中瑞樹, 吉田好希

青 木	テーマ: 素粒子実験物理学
	正: 青木正治, 佐藤朗 準: 板橋隆久, 小出義夫
	D3: 長尾大樹, 中沢遊, WEICHAO YAO, DORIAN PIETERS M2: 元石尊寛, 佐藤良紀, 東野祐太, 山科晴太, SUN SI YUAN M1: 杉田和正, 西村由貴, 樋口雄也 B4: 宮滝雅己, 若林寛之
川 畑	テーマ: 原子核の構造研究、一般化されたハドロン間相互作用研究、ニュートリノ欠損二重ベータ崩壊の探索、原子核物理学的手法を用いた物性研究
	正: 川畑貴裕, 小田原厚子, 阪口篤志, 吉田斉, 松多健策, 福田光順, 清水俊, 三原基嗣, 古野達也 準: 足立智, 岸本忠史, 下田正, 南園忠則, 松岡健次, 梅原さおり
	D3: 中田祥之 D2: 赤石貴也, 飯村俊 M2: 中島諒, 伊賀友輝, 坂梨公亮, 前島大樹 M1: 大上能弘, 大谷優里花, 木村祐太, 辰巳凌平, 原田卓明, 福留美樹, 山本朝陽 B4: 木村容子, 阪井俊樹, 高山元, 辻聖也, 徳田恵, 戸田匡哉, 山本志織, 吉岡篤志, 氷見香奈子
山 中 (卓)	テーマ: 高エネルギー物理学 (素粒子実験物理学)
	正: 山中卓, 南條創, 廣瀬穰 準: 小寺克茂, 篠原智史, 清水信宏
	D2: 大西裕二 M2: QUYNH HUONG THI VUONG, 白石諒太, 乃一雄也, WICKREMASINGHE LAKMIN M1: MARIO GONZALEZ, TAYLOR CASSIDY NUNES, 岩田和志, 加藤大志, 小島陽紀, 花井幸太 B4: 荒久田周作, 小野啓太, 藤田侑葵子

阿久津	テーマ: 物性理論
	正: 阿久津泰弘
	B4: 稲葉健人, 村上拓也, 西澤将太, 野副峻史
小川	テーマ: 物性理論 (開放系の量子力学と統計力学・量子光学)
	正: 小川哲生, 大橋琢磨
	準: 越野和樹, 石川陽
D3: 西山祐輔	
黒木	テーマ: 物性理論
	正: 黒木和彦, Keith Martin Slevin, 越智正之
	準: 白井秀知, 西口和孝
	D3: 水野竜太, 森仁志
	M2: 北峯尚也, 山崎公裕, HAN WOO SEOK
M1: 井口雅樹, 小倉創, 渡邊拓海	
B4: 井上大輔, 梶谷拓矢	
越野	テーマ: 物性理論
	正: 越野幹人, 川上拓人
	D1: 岡裕樹, 藤本大仁
	M2: 岨篤史, 中辻直斗, 人見将, LUKAS PRIMAHAATVA ADHITYA KRISNA
	M1: 河本京也, 玉置弦
B4: 潮田和也, 谷天太	

工藤	テーマ: 超伝導体の物質開発
	正: 工藤一貫, 宮坂茂樹, 中島正道 準: 〈田島節子〉
	D3: ZI HOW TIN (鄭子豪) M2: 伊藤優汰, 妹尾祐輝, 山本俊樹, 吉野健太郎 M1: 片山和郷 B4: 岸大路泰宏, 高木健輔, 藤井隆弘
小林	テーマ: ナノスケール固体素子を用いた精密物性科学と機能開発
	正: 小林研介, 新見康洋, 荒川智紀
	D3: 岩切秀一, LEE SANGHYUN D2: 鈴木将太 D1: 徳田将志 M2: 太田智陽, 坂井康介, 花田尚輝, 藤原聖士, 渡邊杜 M1: 佐々木壺晟, 中尾舞, 藤原浩司 B4: 大星和毅, 勝村亮太, 中村瞭弥
	正: 石原盛男 準: 豊田岐聡, 兼松泰男, 青木順, 古谷浩志, 三宅ゆみ, 中山典子, 市原敏雄, 大須賀潤一, 本堂敏信, 樋上照男
豊田	テーマ: 最先端質量分析学とレーザー科学の融合によるフィールドサイエンスの開拓
	正: 石原盛男 準: 豊田岐聡, 兼松泰男, 青木順, 古谷浩志, 三宅ゆみ, 中山典子, 市原敏雄, 大須賀潤一, 本堂敏信, 樋上照男
	D1: 小林浩之 M2: 西澤正崇, 保久良友彦 M1: 村上勸 B4: 井川翔太, 藤田捷暉, 森田大智
	正: 花咲徳亮, 酒井英明, 村川寛 準: 〈渡邊功雄〉
花咲	テーマ: 強相関電子系の量子輸送現象
	正: 花咲徳亮, 酒井英明, 村川寛 準: 〈渡邊功雄〉
	D2: 横井滉平 D1: 近藤雅起 M2: 川畑宇矢, 中岡優大, 真栄城竜生 M1: 奥田裕貴, 小田昌治, 川原優人, 阪口駿也 B4: 宇波泰秀, 源拡栄
	正: 松野丈夫, 上田浩平
松野	テーマ: 強相関電子系の界面における物性物理学
	正: 松野丈夫, 上田浩平
	M2: 大河内真哉, 福島健太, 森内直輝 M1: 杉野雅史, 峠原拓弥, 藤井駿人, 堀惣介 B4: 廣瀬有経, 森本鉄郎

協力講座の学生	<p>D3: 奥谷顕, 池田良平, JIBON KRISHNA MODAK, AHMAD JAFAR ARIFI, 渡辺海, 茶園亮樹, CHAN PHAIK YING, OMAR ZHADYRA, 井上梓, 東直樹, KHOA NHAT THANH PHAN, CHANG LIU, 森田大樹, HUI WEN KOAY</p> <p>D2: 中村拓人, NGUYEN VAN HOANG VIET, 藤井大輔, 甲田旭, TUNG THANH PHAM, 須藤高志, GABRIEL GULAK MAIA, 森田泰之</p> <p>D1: WANG XUAN, 廣本政之, 吉川大幹, 松本雄太, 杉本馨, 原隆文</p> <p>M2: 西井健剛, 二本木克旭, 松崎大亮, 高橋真夏, 長澤莉希, 宮前陽充, 松本大輝, 飛鳥樹喜, 川畑太嗣, 柴田友里亜, YANZE NIE, 上野裕也, 枝川知温, 近藤亮太, 中井創, 森浩陸, 木戸陽一, 柳谷諭, ALDO TARASCIO, 高木悠司, 巽悠輔, 滝沢龍之介, 嶽村真緒, 大本恭平</p> <p>M1: 菊田朋生, 藤井健一, 森川悦司, 割田祥, JEON SEOKTAM, 仲矢透, 山本智士, 岩中章紘, 翁長拓人, 中田響, 岩崎聖子, 中井飛翔, 吉田朋美, 渡邊康太, 森栄公佑, 林美里, 郭署旺 (Guo Shuwang), 久松万里子, 荘浚謙</p> <p>B4: KIM WON HO, 吉田知生, 中田悠介, 鈴木空大, 森川有葵, 小宮立樹, 立川慎吾, 吉田悠人</p>
---------	---

【注1】 〈 〉 招へい教員

【注2】 協力講座は大学院生と学部4年生のみ記載